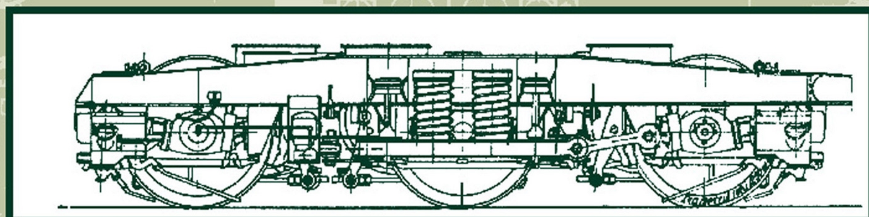
DUNGAN MIRCEA - CORNELIU MOCUȚA GEORGETA - EMILIA

LOCOMOTIVE ȘI VAGOANE

- CONSTRUCȚIA PÃRȚII MECANICE -



Editura EUROBIT
Timișoara 2000

PREFAȚĂ

Lucrarea de față tratează construcția principalelor elemente şi structuri de rezistență (portale) ale vehiculelor feroviare cu luarea în considerare a parametrilor fundamentali care condiționează construcția acestora. Acestea sunt analizate sub aspectul tehnic şi economic ținând seama de cerințele actuale impuse vehiculelor de cale ferată şi unui transport feroviar modern.

În cuprinsul întregii lucrări s-a avut în vedere prezentarea, cu precădere a soluțiilor constructive utilizate la materialul rulant proiectat şi fabricat în țara noastră. Totodată s-a considerat utilă şi prezentarea unor soluții adoptate de unele administrații de cale ferată cu realizări recunoscute pe plan mondial.

Lucrarea se adresează în principal studenților de la specializările Material rulant de cale ferată şi Ingineria sistemelor de circulație feroviară (Tehnica transporturilor) dat şi specialiştilor care desfăşoară o activitate de proiectare şi cercetare în domeniul materialului rulant. De asemenea, lucrarea poate fi utilizată de inginerii şi tehnicienii din unitățile productive care fabrică, repară sau exploatează vehicule feroviare.

Autorii

CUPRINS

1. CLASIFICAREA VEHICULELOR FEROVIARE ŞI PĂRȚILE LOR COMPONENTE

1.1. Clasificarea vehiculelor feroviare

Vehiculele feroviare se grupează în:

- locomotive (ce au propulsie proprie) şi
- vagoane (fără propulsie proprie, tractate)

1.1.1. Clasificarea locomotivelor

Locomotivele se pot clasifica după mai multe criterii şi anume:

a) după **sursa de energie**

Conform acestui criteriu de clasificare se deosebesc:

– locomotive cu motoare cu ardere internă (locomotive diesel, locomotive cu turbine cu gaz) care au o sursă de energie proprie (motorul diesel, turbina cu gaz);

– locomotive electrice la care sursa de energie este centrala electrică, alimentarea locomotivelor făcându-se prin intermediul substației de tracțiune şi a liniei de contact.

b) după **serviciul prestat**

În funcție de serviciul prestat se deosebesc:

– locomotive pentru serviciul de călători, având viteza maximă până la 180km/h;

– locomotive pentru serviciul de marfă, care în general nu se deosebesc de cele de călători decât în ceea ce priveşte viteza maximă, care obişnuit nu depăşeşte 100km/h şi care dezvoltă forțe de tracțiune mari;

– locomotive pentru serviciul de manevră în stații mici, în stații şi triaje mijlocii şi mari. Puterea acestor locomotive variază între 120…1250 CP.

c) după **sistemul de antrenare al osiilor**

Conform acestui criteriu locomotivele se pot clasifica astfel:

– locomotive cu antrenare individuală a osiilor, când fiecare osie este antrenată de propriul ei motor de tracțiune (figura 1.1a)

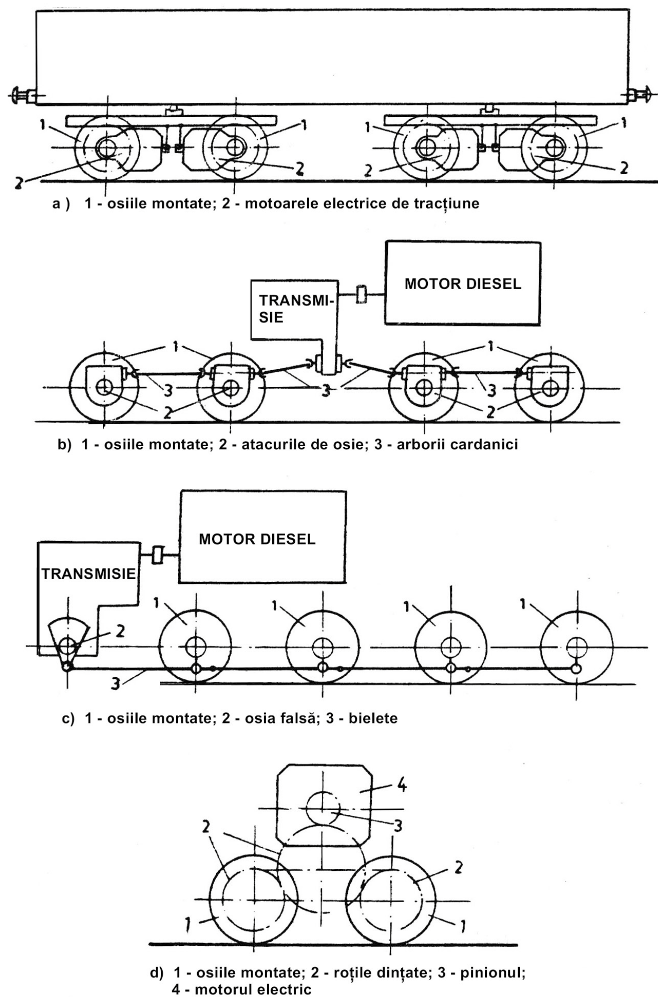
– locomotive cu antrenare în grup a osiilor, când un motor de tracțiune sau o transmisie hidraulică (sau mecanică) antrenează două sau mai multe osii prin arbori cardanici (figura 1.1b), prin biele (figura 1.1c) sau prin roți dințate (figura 1.1d)

Locomotivele care au toate roțile motoare se numesc locomotive cu totală aderență.

d) după **ecartament**

În funcție de mărimea ecartamentului căii, locomotivele (în general vehiculele de cale ferată) se clasifică în:

- locomotive de cale normală (cu ecartament normal);
- locomotive de cale largă (cu ecartament larg);
- locomotive de cale îngustă (cu ecartament îngust).



a) 1 - osiile montate; 2 - motoarele electrice de tracțiune

b) 1 - osiile montate; 2 - atacurile de osie; 3 - arborii cardanici

c) 1 - osiile montate; 2 - osia falsă; 3 - bielete

d) 1 - osiile montate; 2 - roțile dințate; 3 - pinionul; 4 - motorul electric

Fig. 1.1

1.1.2. Clasificarea vagoanelor

Vagoanele se clasifică după destinația lor, în:

– vagoane de călători – folosite la transportul călătorilor sau la deservirea acestora în timpul călătoriei. Vagoane pentru traficul de călători, la rândul lor, se clasifică în următoarele categorii: vagoane de clasă (1 sau 2), vagoane restaurant, vagoane de dormit, vagoane poştă, vagoane de bagaje, vagoane turistice etc.

– vagoane de marfă – folosite la transportul mărfurilor. Vagoanele destinate traficului de mărfuri se clasifică în următoarele categorii: acoperite, descoperite, platformă, cisternă, vagoane refrigerente, izoterme şi frigorifice şi vagoane specializate (transport autoturisme, lapte, ciment, cărbuni etc.).

– vagoane tehnice – amenajate pentru efectuarea unor operații tehnice sau pentru instruirea personalului. Aceste vagoane se mai numesc şi pentru uzul administrației şi se clasifică în următoarele categorii: vagoane de ajutor (WA), dinamometrice (WD), vagoane macara (WM), vagoane uzină (WU), vagoane şcoală (WAS) etc.

1.2. Părțile componente ale vehiculelor feroviare

Vehiculul poate fi definit ca **sistem**. Conform teoriei sistemelor, structural, orice sistem se compune din subsisteme, acestea la rândul lor din subsisteme etc.

Față de sistem, subsistemele sunt de rangul I, subsubsistemele de rangul II etc. Sistemul se acceptă ca fiind de rangul zero.

În acest sens vehiculul este un sistem mecanic mobil care are în componență trei subsisteme şi anume:

– subsistemul partea mecanică (ansamblul cutiei şi al echipamentului de rulare care constituie **structurile portante**);

– subsistemul ansamblului agregatelor care intră în componența circuitului de forță (doar la vehiculele motoare);

– subsistemul ansamblului instalațiilor anexă.

Această clasificare este, într-o oarecare măsură, convențională, deoarece în construcția propriu-zisă a vehiculului diferitele elemente constitutive se întrepătrund, formând ansambluri funcționale complexe. Având însă în vedere că o astfel de împărțire facilitează considerabil studiul vehiculului, ea este unanim acceptată în literatura tehnică.

Structurile portante ale vehiculelor de cale ferată

Structurile portante principale ale unui vehicul de cale ferată sunt: **echipamentul de rulare** şi **cutia**.

Structurile portante fac parte din subsistemul parte mecanică, dar au şi

elemente ale subsistemului agregatelor circuitului de forță.

Subsistemul ansamblul instalațiilor anexe este şi el prezent, dar funcționarea lui priveşte ansamblul vehiculului şi nu numai.

Vehiculele pot avea unul sau mai multe echipamente de rulare.

În cazul când vehiculul are un singur echipament de rulare, cadrul acestuia face corp comun cu baza cutiei (figura 1.2a şi b). Dacă vehiculul are două sau mai multe echipamente de rulare, fiecare dintre ele are anumite grade de libertate față de cutie. Aceste echipamente de rulare se numesc **boghiuri**, ele

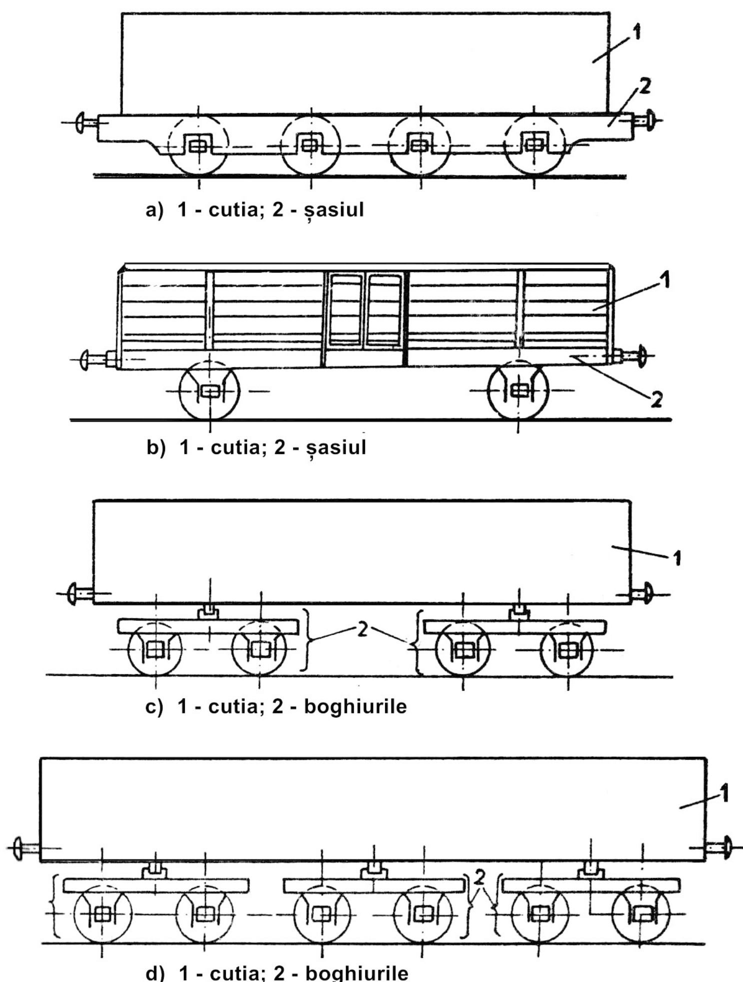


Fig. 1.2

constituind ansambluri independente de cutie din punct de vedere constructiv (figura 1.2c şi d).

În funcţie de construcţia echipamentului de rulare, vehiculele de cale ferată pot fi fără boghiuri (figura 1.2 a şi b) sau cu boghiuri (figura 1.2 c şi d).

Cutia poate fi simplă sau articulată. Vehiculele cu cutie articulată au cel puţin atâtea echipamente de rulare câte părţi are cutia. În figura 1.3, cele două părţi ale cutiei au la baza acesteia câte un echipament de rulare.

Elementele componente principale ale unui echipament de rulare sunt: rama (sau şasiul la vehiculele fără boghiuri), osiile montate, cutiile de osie (denumite şi cutii de unsoare), ghidajele cutiilor de osie, suspensia şi sistemul de frânare. La vehiculele motoare, în componenţa echipamentului de rulare intră şi acţionarea osiei. La vehiculele fără boghiuri, cutia şi şasiul constituie de obicei un ansamblu unic, cu alte cuvinte, din punct de vedere constructiv partea inferioară a cutiei (şasiul) este astfel concepută să cuprindă şi ghidajele cutiilor de osie şi suspensia.

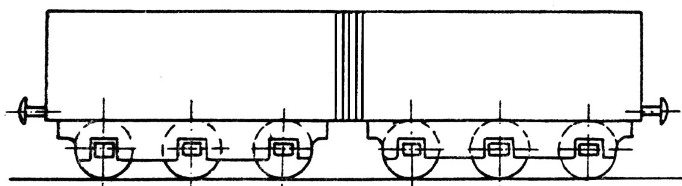


Fig. 1.3

În cazul vehiculelor cu boghiuri, cutia şi boghiurile reprezintă ansambluri complet separate. Prin această construcţie, cutia este mai simplă, dar în schimb apar ramele boghiurilor care trebuie să permită montarea ghidajelor cutiilor de osie şi a suspensiei boghiului. De asemenea, între cutie şi boghiuri se intercalează sisteme speciale care trebuie să asigure legătura între cele două ansambluri. Unul din elementele principale ale sistemului de legătură dintre cutie şi boghiuri este pivotul (sau crapodina) care asigură şi rotirea în plan orizontal a boghiurilor faţă de cutie la circulaţia vehiculului prin curbe.

1.3. Parametrii principali care condiţionează construcţia vehiculelor de cale ferată

Construcţia unui vehicul de cale ferată este condiţionată de următorii parametri principali:

- ecartamentul căii;
- sarcina admisă pe osie;
- gabaritul feroviar.

1.3.1. Ecartamentul căii ferate

Ecartamentul **e** al unei căi ferate reprezintă distanța dintre suprafețele laterale interioare ale ciupercilor celor două şine, măsurată în aliniament, la 14mm sub punctul superior al şinei (figura 1.4). Această distanță variază în funcție de tipul căii ferate, deosebindu-se trei tipuri de ecartamente:

– ecartament normal, e = 1435mm, introdus la rețelele principale de căi ferate din majoritatea țărilor europene (inclusiv România) şi din unele țări de pe alte continente (SUA, Canada, Mexic, China, Japonia etc.);

– ecartament larg, e > 1435mm. Valoarea ecartamentului diferă după țară: în Rusia, Finlanda şi Panama e = 1524mm; în Austria şi Brazilia e = 1601mm; în Portugalia şi Spania e = 1670mm; în Chile şi India e = 1676mm;

– ecartament îngust, e < 1435mm, se întâlneşte la întreaga rețea feroviară principală a unor țări, la unele linii din această rețea, sau, în special, la liniile de cale ferată industrială, miniere, forestiere etc. Mărimea ecartamentului îngust variază între 600mm şi 1067mm. În țara noastră se întâlneşte ecartamentul de 760mm la liniile forestiere sau industriale şi de 940mm la unele linii de exploatare minieră.

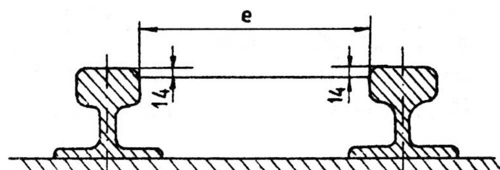


Fig. 1.4

1.3.2. Sarcina admisă pe osie

Şinele de cale ferată alcătuiesc partea cea mai importantă a suprastructurii căii, deoarece ele conduc vehiculul în direcția căii şi suportă direct solicitările transmise de acesta.

Tipul şinei se defineşte prin greutatea sa pe metrul liniar. În țara noastră sunt standardizate mai multe tipuri de şine:

– şine uşoare, care au greutatea pe metru liniar $p \leq 180$ N/m;

– şine mijlocii, cu $p \in (180 \ldots 400)$ N/m;

– şine grele, cu $p \geq 400$ N/m.

Dintre şinele grele, sunt standardizate şinele tip 40, 49, şi 54 care se folosesc pe liniile curente.

Sarcina pe osie **2Q** a unui vehicul de cale ferată este determinată de greutatea totală a vehiculului $\mathbf{G_t}$ şi de numărul de osii $\mathbf{n_0}$ ale acestuia:

$$2Q = \frac{G_t}{n_0}$$

Sarcina maximă pe osie este limitată de caracteristicile şinelor. În tabelul 1.1 sunt date sarcinile maxime admise pe osie, pentru vehiculele care au roți cu diametrul D>915mm, în funcție de tipul şinei.

Tabelul 1.1

Greutatea șinei [N/m]	Sarcina maxima pe osie pentru 1 N/m de șină [N/N/m]
300	600
310…450	700
460…750	800

Sarcina maximă admisă pe osie este reglementată şi prin norme internaționale, în funcție de tipul şinei (greutatea liniară pe metrul liniar de şină). Prin fişa UIC[1)] nr. 701-1962 s-au stabilit condițiile care trebuie satisfăcute de locomotivele care au boghiuri cu două osii şi respectiv cu trei osii pentru a fi admise să circule pe linii de diferite categorii. Aceste condiții definesc sarcina maximă admisă pe osie în funcție de greutatea locomotivei raportată la lungimea peste tampoane (tabelul 1.2)

Tabelul 1.2

Sarcina pe metrul liniar [kN/m]	Sarcina maximă pe osie [kN]	
	Locomotive pe boghiuri cu 2 osii	Locomotive pe boghiuri cu 3 osii
64	180	170
64	190	180
72	200	184
72	210	193
80	220	202

Pe lângă aceste limitări, sarcina pe osie trebuie astfel aleasă încât să satisfacă şi următoarele condiții:

- pentru $Q \leq 170$ kN trebuie ca $Q / a_{min} \leq 135$;
- pentru $Q > 170$ kN trebuie ca $Q / a_{min} \leq 110$,

în care a_{min} reprezintă distanța cea mai mică între două osii vecine, în m.

De asemenea , indiferent de sarcina pe osie, distanța între fața exterioară a tamponului şi osia cea mai apropiată trebuie să fie mai mare de 1,5m, iar distanța

[1)] UIC – Uniunea Internațională a Căilor Ferate

minimă între cele două osii interioare ale boghiurilor, pentru acelaşi vehicul, trebuie să fie de cel puțin 3m.

În situația actuală de dezvoltare a căilor ferate din Europa, sarcina maximă pe osie este de 220kN (22tf) pe liniile principale şi de 170 kN (17tf) pe liniile secundare.

Exemple de utilizare a tabelelor:

a) Tabelul 1.1.

Determinarea greutății totale a unui vehicul care circulă pe o anumită linie. Vehiculul este prevăzut cu două boghiuri a câte două osii fiecare. Dacă caracteristica liniei este de 400 N/m, din Tabelul 1.1 rezultă sarcina maximă pe osie pentru 1N/m de şină de 700 N/N/m, de unde sarcina maximă pe osie este:

$2Q = 400 \text{ N/m} \cdot 700 \text{ N/(N/m)} = 280000 \text{ N} = 280 \text{ kN} \approx 28 \text{ tf}.$

Greutatea totală a vehiculului G_v este:

$Gv = 4 \cdot 2Q = 4 \cdot 28 \text{ tf} = 112 \text{ tf}$

b) Tabelul 1.2.

Determinarea lungimii minime peste tampoane a unei locomotive L_{tmin}. Vehiculul este prevăzut cu două boghiuri a câte două osii fiecare.

Dacă sarcina pe osie, pentru acest vehicul, este de 2Q = 200kN, din Tabelul 1.2 rezultă sarcina pe metrul liniar $G_L / L_t = 72$ kN/m.

Greutatea totală a vehiculului G_L este $G_t = 4 \cdot 2Q = 4 \cdot 200 \text{ kN} = 800\text{kN}$.

Din raportul $\dfrac{G_L}{G_L/L_t} = \dfrac{800\text{kN}}{72 \text{ kN/m}} \approx 11{,}1\text{m}$ rezultă $L_{tmin} = 11{,}1$m.

Lungimea peste tampoane L_t pentru această locomotivă poate fi aleasă astfel va fi $L_t > L_{tmin} = 11{,}1$m.

1.3.3. Gabaritul feroviar

Trecerea liberă a vehiculelor feroviare în orice punct al căii ferate constituie una din condițiile de bază ale siguranței circulației. Pentru asigurarea trecerii libere este necesar ca între vehiculul feroviar şi instalațiile fixe (fie proprii căii ferate, fie ale altor organizații) trebuie să existe un spațiu liber de siguranță.

Deoarece vehiculele feroviare circulă pe întreaga rețea de cale ferată a țării, trebuie ca problema spațiului liber de siguranță să fie reglementată pe plan național. Pentru asigurarea circulației vehiculelor feroviare ale unei țări pe teritoriul altor state s-au elaborat norme internaționale privind spațiul liber de siguranță.

Spațiul liber de siguranță s-a materializat prin diferența dintre gabaritul de liberă trecere şi gabaritul de material rulant. Cele două gabarite sunt definite în țara noastră în STAS 4392-84.

a) Gabaritul de material rulant

Gabaritul de material rulant de cale ferată reprezintă conturul geometric transversal limită, în plan vertical, perpendicular pe axa căii ferate, în interiorul căruia materialul rulant, la staționarea în poziție mediană în aliniament şi palier, trebuie să se înscrie cu toate punctele sale, atât în cazul materialului nou şi neîncărcat, cât şi în cazul materialului folosit în exploatare şi încărcat, având toleranțele de fabricație şi uzurile maxime admise ale bandajelor, fusurilor şi cuzineților.

Gabaritele de material rulant, pentru căile ferate cu ecartament normal sunt:

– **Gabaritele CFR de locomotivă** în care trebuie să se înscrie: locomotivele, plugurile şi trenurile de zăpadă, maşinile grele de cale şi celelalte vehicule similare admise de rețeaua CFR (figura 1.5).

– **Gabaritele CFR de vagoane** prin care se înțelege gabaritul de material rulant valabil pentru vagoanele şi încărcăturile respective care pot circula numai pe rețeaua CFR (figura 1.6).

– **Gabaritul redus de vagon (gabaritul passe-partout)**, prin care se înțelege gabaritul de material rulant care trebuie respectat de toate vehiculele şi încărcăturile respective, care pot circula fără verificări speciale prealabile, pe rețeaua internațională europeană (figura 1.7).

b) Gabaritul de liberă trecere

Gabaritul de liberă trecere se numeşte conturul geometric transversal limită, în plan vertical perpendicular pe axa căii ferate, în interiorul căruia, afară de materialul rulant, nu trebuie să intre nici o parte a construcțiilor sau instalațiilor fixe şi nici materialele sau obiectele depozitate. Excepție fac doar acele instalații care sunt destinate să acționeze direct asupra materialului rulant, ca: frânele de cale, instalațiile liniei de contact, brațul coloanelor hidraulice în funcțiune etc., cu condiția ca aceste instalații să fie astfel amplasate, încât să nu vină în contact decât cu acele elemente ale materialului rulant asupra cărora ele trebuie să acționeze.

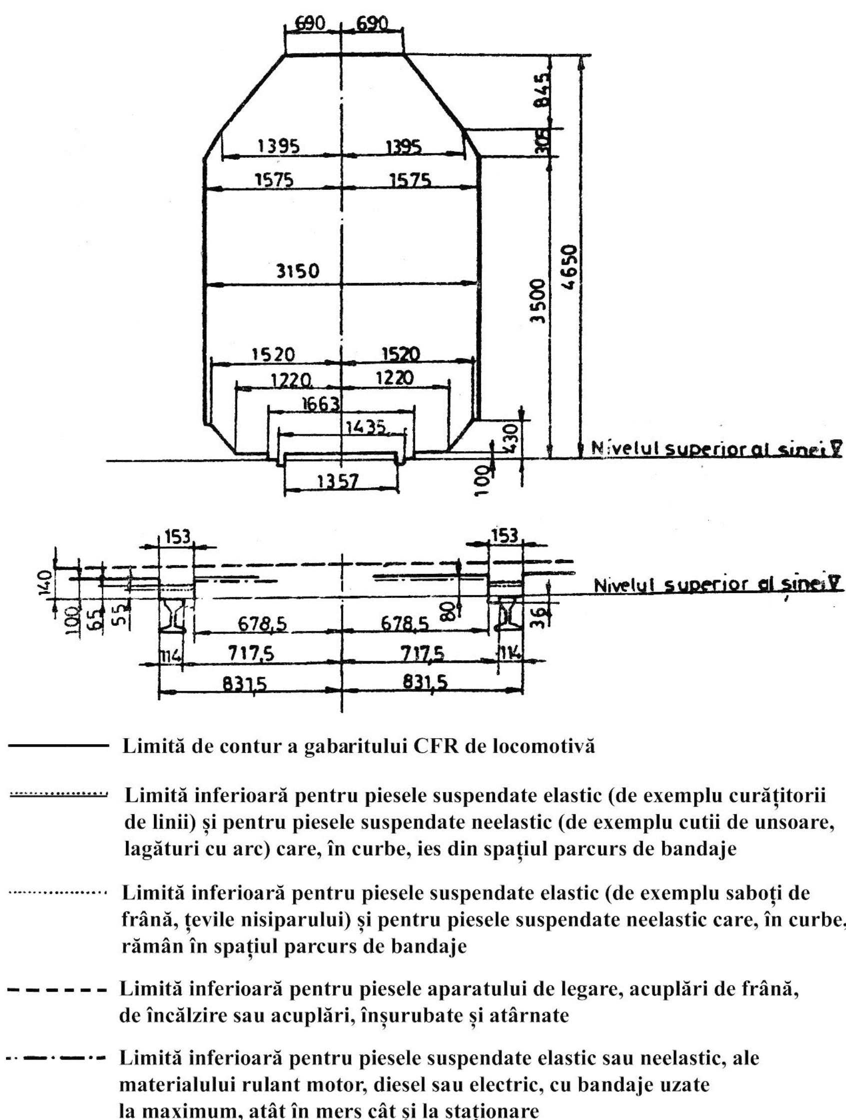

690
690
845
305
1395
1395
1575
1575
4650
3500
3150
1520
1520
1220
1220
1663
1435
430
1357
100
Nivelul superior al șinei ∇
153
153
140
100
65
55
678,5
678,5
80
36
114
717,5
717,5
114
831,5
831,5
Nivelul superior al șinei ∇
Limită de contur a gabaritului CFR de locomotivă
Limită inferioară pentru piesele suspendate elastic (de exemplu curățitorii de linii) și pentru piesele suspendate neelastic (de exemplu cutii de unsoare, lagături cu arc) care, în curbe, ies din spațiul parcurs de bandaje
Limită inferioară pentru piesele suspendate elastic (de exemplu saboți de frână, țevile nisiparului) și pentru piesele suspendate neelastic care, în curbe, rămân în spațiul parcurs de bandaje
Limită inferioară pentru piesele aparatului de legare, acuplări de frână, de încălzire sau acuplări, înșurubate și atârnate
Limită inferioară pentru piesele suspendate elastic sau neelastic, ale materialului rulant motor, diesel sau electric, cu bandaje uzate la maximum, atât în mers cât și la staționare

Fig. 1.5

Limită contur a gabaritului CFR de vagon

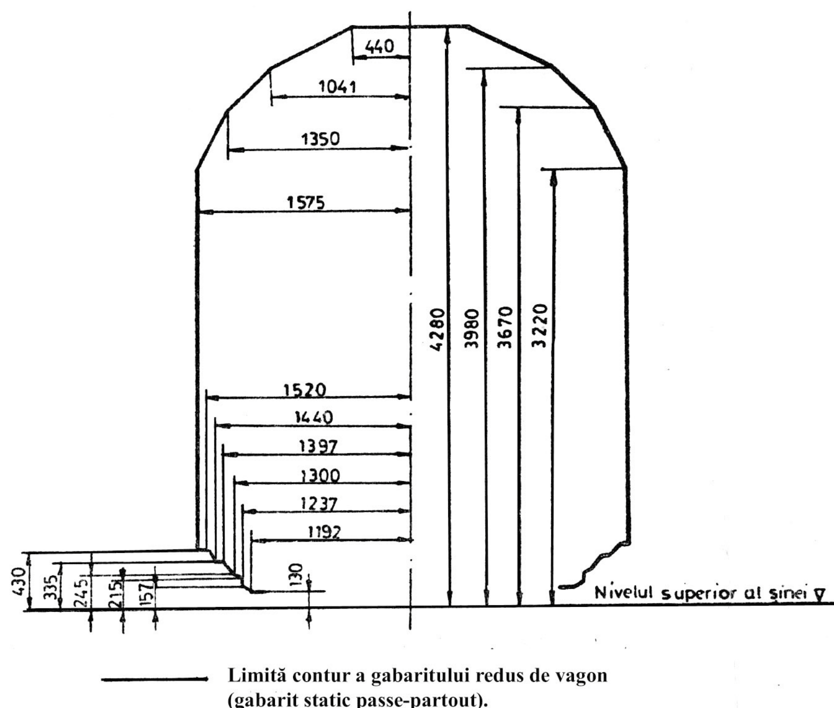
Limită inferioară pentru piesele situate în afara osiilor extreme, care rămân în spațiul parcurs de bandaje chiar și în curbe

Limită inferioară pentru piesele situate între osiile extreme, care rămân în spațiul parcurs de bandaje chiar și în curbe

Limită inferioară sub care nu trebuie să coboare piesele aparatului de legare, acuplările de frână și de încălzire sau alte acuplări, înșurubate sau atârnate

Limită laterală pentru felinarele mobile laterale

Fig. 1.6



Limită contur a gabaritului redus de vagon (gabarit static passe-partout).

Figura 1.7

Elementele de construcţie ale podurilor, tunelurilor, pasajelor superioare şi ale tuturor instalaţiilor şi clădirilor din staţii şi de-a lungul liniei curente, ca şi orice obiecte sau materiale depozitate, trebuie să se găsească în afara gabaritului de liberă trecere şi cel mult până la limita acestuia, pentru a permite circulaţia trenurilor fără limitarea vitezei şi în deplină siguranţă.

În curbe, conturul geometric transversal limită, este conţinut într-un plan care trece prin centrul curbei şi este perpendicular pe planul tangent la ciupercile şinelor; intersecţia axei conturului, cu planul tangenţial, este la jumătatea ecartamentului supralărgit.

Gabaritul de liberă trecere are dimensiuni mai mari decât gabaritul de material rulant, spaţiul rămas liber permiţând devieri în exploatare provocate de: jocul şi uzura vehiculelor, efectul supraînălţării şi forţei centrifuge necompensate, oscilaţiile construcţiei suspendate elastic a vehiculului, abaterile de la dimensiunile normale ale căii admise de normele de întreţinere ale căii ferate etc.

2. CONSTRUCȚIA BOGHIURILOR VEHICULELOR FEROVIARE

Boghiurile proiectate au fost, până nu demult, rezultatul muncii proiectanților, care s-au bazat, în primul rând, pe cunoştințele lor generale tehnice, pe experiența bogată şi pe simțul lor de proiectare. Construcțiile noi au fost, de obicei, o continuare directă a construcțiilor anterioare care au dat rezultate bune în exploatare şi dacă s-au adus modificări, acestea, în majoritatea cazurilor, s-au referit numai la detalii şi la adoptarea de tehnologii noi.

Concepția boghiurilor s-a modificat lent, pe baza unei evoluții îndelungate. Desigur, nu se poate contesta că pe această cale nu s-au creat soluții foarte reuşite, care, de altfel sunt numeroase, utilizându-se şi în prezent la vehiculele noi.

Datorită dezvoltării puternice a transportului feroviar, condiționată, pe de-o parte, prin pretențiile crescânde asupra eficienței şi calității, iar pe de altă parte de trecerea generală la sisteme noi de tracțiune, s-au mărit foarte mult condițiile puse vehiculelor în ceea ce priveşte viteza, siguranța, confortul mersului şi întreținerea lor. Aceste condiții se aplică, în aceeaşi măsură, şi boghiurilor, la care nu mai sunt suficiente construcțiile derivate din variantele anterioare, ci sunt necesare soluții cu concepții noi, chiar dacă uneori sunt bazate pe unele principii ale soluțiilor mai vechi.

2.1. Rolul şi condițiile impuse boghiurilor

2.1.1. Rolul boghiurilor

Boghiurile reprezintă structurile portante ale vehiculului prin intermediul cărora se realizează interacțiunea dintre vehicul şi cale şi folosesc vehiculului pentru uşurarea înscrierii sale în curbe.

Boghiurile suportă greutatea vehiculului şi sarcinile utile variabile, conduc vehiculul pe calea elastică şi neuniformă, preiau forțele longitudinale de tracțiune şi frânare şi forțele transversale la mişcarea în aliniament şi curbe.

Forțele care apar datorită neregularităților căii şi cele provocate de şocuri şi oscilații, se transmit prin boghiuri la cutia vehiculului. La rândul său, cutia vehiculului, care posedă un anumit număr de grade de libertate, este deviată din poziția medie de acțiunea diferitelor forțe spațiale şi transmite aceste forțe prin boghiuri la cale.

Boghiul în interacțiune cu calea şi sistemul de legătură cu şasiul (cutia) determină în mod practic toate caracteristicile de rulare ale vehiculului, siguranța în mers, confortul pentru călători, pentru personalul de deservire şi în sensul

figurat al cuvântului şi pentru mărfurile transportate, caracteristicile de tracțiune şi de frânare, efectele statice şi dinamice ale vehiculului asupra căii.

Excluzând circuitul de forță, boghiul este ansamblul cel mai solicitat şi de aceea i se acordă o mare atenţie la construcţia vehiculelor şi cea mai mare supraveghere în exploatare. De aceea, boghiul reprezintă partea mecanică a vehiculului cea mai interesantă, care trebuie să fie cât mai perfectă, caracterizând vehiculul, de obicei, mai mult decât celelalte părți mecanice ale lui.

2.1.2. Condițiile impuse boghiurilor

Boghiurile vehiculelor feroviare trebuie să îndeplinească următoarele condiții generale:

– siguranță în exploatare;

– calitatea mişcărilor în direcțiile necesare;

– efecte dinamice mici ale vehiculului asupra căii;

– greutate mică;

– simplitatea construcției, adică alegerea unor forme constructive a întregului boghiu cât şi ale diferitelor elemente componente, care să simplifice construcția, montajul şi întreținerea boghiului (nu însă în dauna calității şi a indicilor tehnici);

– accesibilitate pentru examinarea şi supravegherea funcționării tuturor subansamblurilor şi organelor mai importante ale boghiului;

– asigurarea unei montări şi demontări cât mai rapide şi uşoare a tuturor pieselor supuse uzurii, repararea cu uşurință a acestor organe, precum şi posibilitatea efectuării unor reparații directe asupra boghiului montat la vehicul;

– un preț de cost minim al execuției, atât a întregului boghiu cât şi a tuturor subansamblurilor lui.

2.2. Elementele principale ale boghiurilor şi rolul lor

Elementele principale ale unui boghiu sunt (figura 2.1 şi 2.2):

a) **Osia montată**. Este constituită, în forma ei cea mai simplă, dintr-o osie şi două roți calate pe aceasta.

Osia montată trebuie să asigure următoarele funcții:

– susținerea vehiculului;

– asigurarea rulării lui;

– ghidarea pe cale;

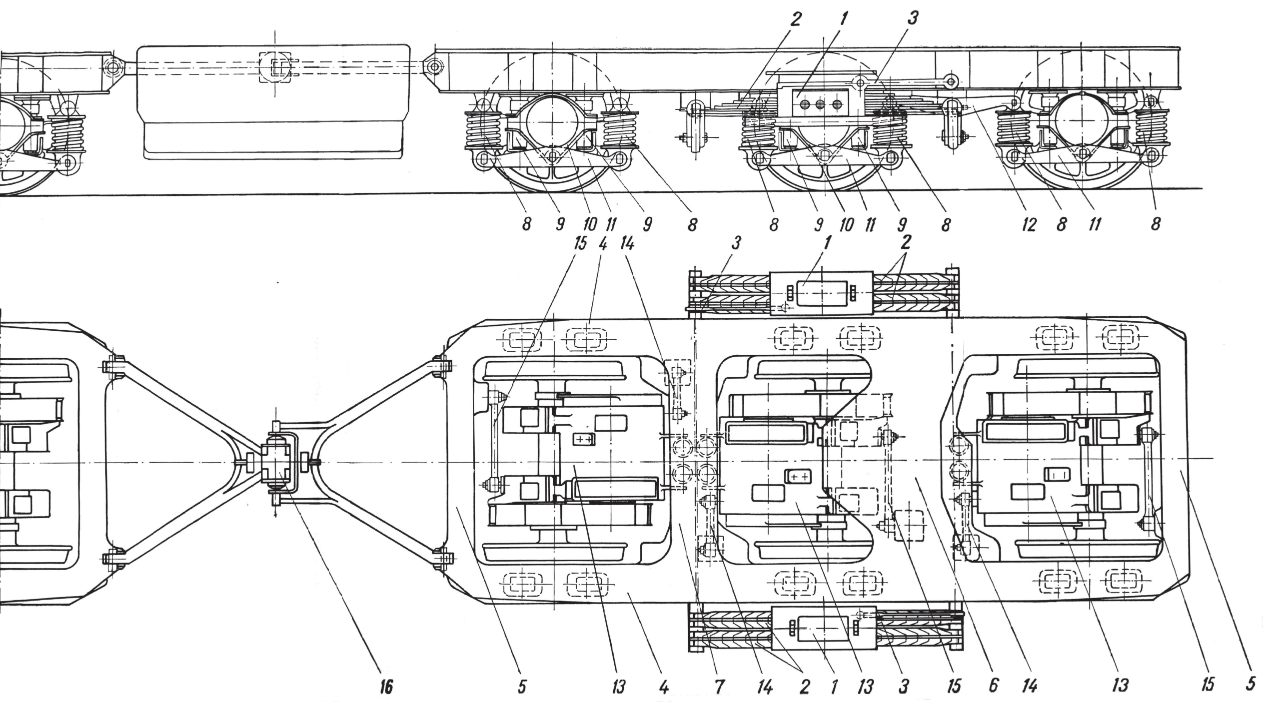


Fig. 2.1 (Boghiul LDE CFR 060-DA 2100 CP)

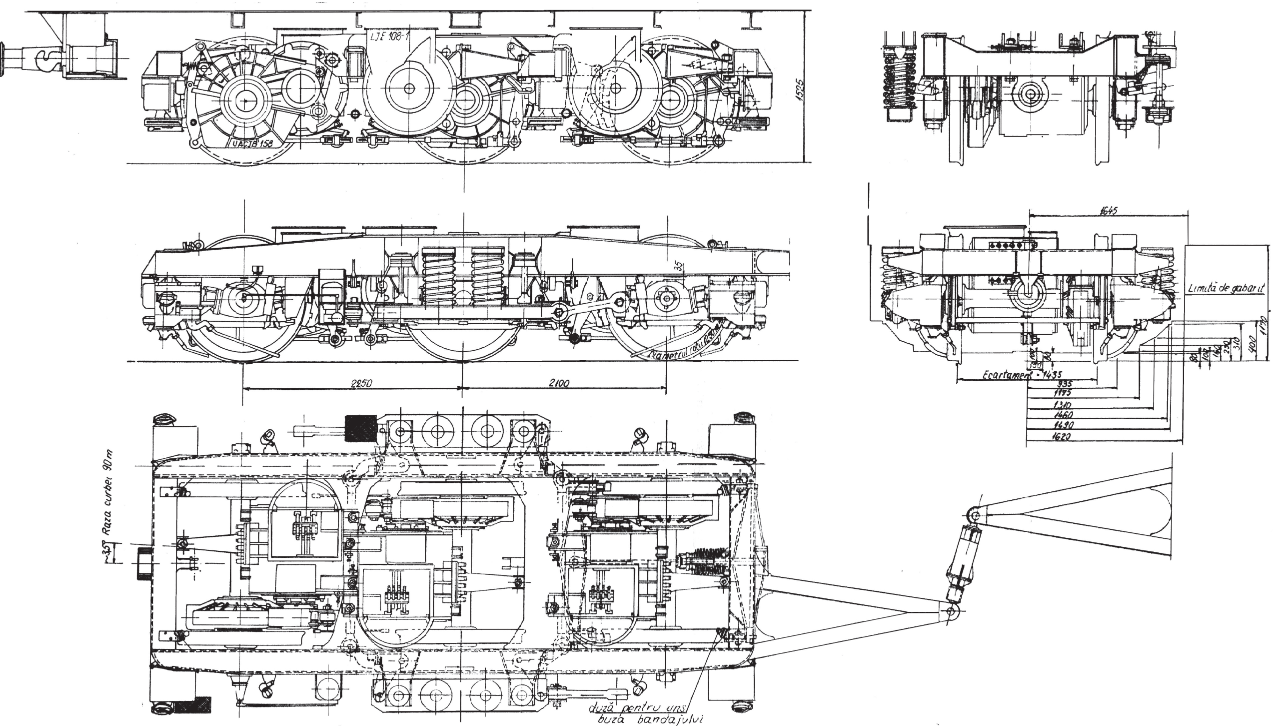


Fig. 2.2 (Boghiul LE CFR 060-EA 5100 kW)

– frânarea vehiculului în interacţiune cu instalaţia de frânare şi calea de rulare;

– propulsia, la vehiculele motoare (în acest caz osia se numeşte osie montată motoare sau pe scurt osie motoare).

Osia montată reprezintă subansamblul care contribuie, în primul rând, la siguranţa circulaţiei atât din punctul de vedere al rezistenţelor mecanice, cât şi în ceea ce priveşte conducerea vehiculului pe cale şi evitarea deraierilor, şi ca atare este cel mai amănunţit definit prin prescripţii şi standarde referitoare la dimensiuni, materiale, calcule şi procese de fabricaţie. Totuşi osia montată este în continuă evoluţie în direcţia micşorării greutăţii şi a unei echilibrări dinamice mai bune. Aceste direcţii de evoluţie au drept scop îmbunătăţirea mersului vehiculului, micşorarea efectelor dinamice ale vehiculului asupra căii şi a căii asupra vehiculului, mai ales în cazul vitezelor mari, şi micşorarea rezistenţelor de mers.

b) **Cutia de osie** (cutiile de unsoare) este subansamblul care face legătura între osia montată şi restul vehiculului. Ea îndeplineşte următoarele funcţii:

– constituie punctele de sprijin ale vehiculului pe osie, transmiţând greutatea acestuia la osii;

– asigură legătura între piesele aflate în rotaţie (osiile montate) şi piesele fixe (rama boghiului sau şasiul cutiei);

– asigură menţinerea osiilor în poziţia necesară faţă de rama boghiului (sau faţă de şasiul cutiei);

– asigură comportarea normală a fusului osiei în timpul mersului, protejând lagărul şi fusul împotriva umezelii, prafului sau altor corpuri străine.

c) **Ghidajele cutiilor de osie** fac legătura între cutiile de osie şi rama boghiului. La unele construcţii ghidajele cutiilor de osie nu constituie subansambluri de sine stătătoare, făcând parte din rama boghiului.

Îndeplinesc următoarele funcţii:

– ghidează cutia de osie în plan vertical;

– limitează deplasarea transversală şi longitudinală a osiei montate faţă de rama boghiului;

– preiau şi transmit forţele longitudinale şi transversale între cutia de osie şi rama boghiului.

Ghidajele cutiilor de osie influenţează uzura bandajelor, uzura şinelor şi rezistenţele de mers.

d) **Suspensia**, constituie totalitatea elementelor elastice intercalate între osiile vehiculului şi rama boghiului cât şi între rama boghiului şi cutia vehiculului. Are rolul de a evita preluarea directă de către vehicul a şocurilor provocate de neregularităţile căii de rulare şi de distribuire a sarcinilor pe osii în aşa fel încât să se realizeze sarcini cât mai uniforme pe osie.

Partea din vehicul care se sprijină pe arcuri poartă denumirea de construcţie suspendată (sau partea suspendată a vehiculului). Osiile montate la majoritatea vehiculelor constituie mase nesuspendate.

Suspensia vehiculului trebuie astfel concepută şi realizată încât să satisfacă, în principal, multe din condiţiile impuse boghiurilor, ca de exemplu siguranţa contra deraierii, calitatea de mişcare care să asigure efecte dinamice mici ale vehiculului asupra căii, caracteristici de aderenţă bune etc.

e) **Rama boghiului** îndeplineşte, mai ales, funcţia elementului portant şi de legătură între diferitele subansambluri ale boghiului şi şasiul vehiculului. Ea însumează, preia şi transmite forţele longitudinale, transversale şi verticale între osiile montate şi şasiul cutiei.

f) **Sistemul de legătură dintre cutie şi boghiuri** reprezintă totalitatea elementelor prin care se asigură legătura dintre cutie şi fiecare boghiu.

Acest sistem trebuie să îndeplinească următoarele funcţii de bază:

– să asigure rotirea în plan orizontal a boghiurilor faţă de cutie la circulaţia în curbe;

– să preia şi să transmită forţele orizontale între cutie şi rama boghiului;

– să preia de la cutie şi să transmită la rama boghiului sarcinile verticale şi să asigure repartizarea uniformă a sarcinilor statice pe roţi şi abateri cât mai mici de la această repartizare în regim de tracţiune şi de frânare;

– să asigure stabilitatea ansamblului cutie-boghiu.

g) **Instalaţia de frânare** este necesară pentru:

– oprirea trenului (vehiculului) în limitele stabilite ale spaţiului de frânare;

– reducerea parţială a vitezei;

– menţinerea vitezei trenului la coborârea pantelor;

– imobilizarea trenului (a vehiculului) după oprirea lui.

În primele două cazuri, în procesul de frânare se disipează energia cinetică a trenului înmagazinată la accelerarea lui. În al treilea caz se disipează energia potenţială, înmagazinată la urcarea unei rampe iar în ultimul caz rolul frânei constă în împiedicarea mişcării din loc care ar putea fi provocată de factori

externi (asigurarea staționării în pantă, staționării în palier pe vânt puternic etc.).

Instalația de frânare, care este de mult generalizată la vehiculele feroviare constă din frâna mecanică acționată cu aer comprimat. Instalația se compune din două părți principale: timoneria de frână şi partea pneumatică. Timoneria de frână este compusă dintr-un ansamblu de leviere şi bare, acționate de tija (tijele) cilindrilor de frână şi care asigură în final forța de apăsare a saboților pe roți. Partea pneumatică conține elemente cum ar fi: cilindrul de frână, distribuitorul, conducte, acuplări elastice etc., adică elemente prin care circulă aerul comprimat

Asigurarea spațiului necesar de frânare devine o problemă tot mai grea odată cu creşterea vitezelor de mers. Aceasta se explică prin aceea că la creşterea turației osiei, coeficientul de frecare a saboților de frână din fontă se micşorează brusc, iar forța de apăsare a saboților este limitată de pericolul blocării roților. De asemenea, la creşterea forței normale de apăsare, se măreşte uzura saboților şi creşte pericolul de rotire a bandajelor pe centrul de roată.

h) **Dispozitivul de cuplare a boghiurilor** este întâlnit numai la vehiculele motoare.

În funcție de modul de transmitere a forței e tracțiune de la obada roților motoare la tren şi a condițiilor de interacțiune dintre cele două boghiuri, cuplarea lor se poate realiza astfel încât cupla de legătură să participe sau nu la transmiterea forțelor longitudinale (de tracțiune şi de frânare). În cazul în care boghiurile sunt prevăzute cu o cuplă care nu transmite forțe de tracțiune şi de frânare, aparatele de legare-tracțiune şi ciocnire se montează pe şasiul cutiei, iar sistemul de legătură dintre cutie şi boghiu trebuie să asigure transmiterea acestor forțe de la fiecare boghiu la cutie. Cupla, în acest caz, are rolul de diminuare a forțelor conducătoare a roților care atacă şina la mersul în curbe, şi poartă denumirea de cuplă elastică (figura 2.3).

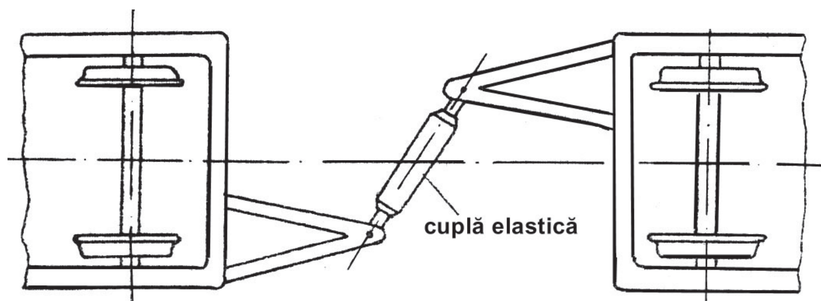


Fig. 2.3

Oricare ar fi funcțiile cuplei şi variantele constructive de realizare, dispozitivul de cuplare trebuie să asigure rotirea în plan orizontal a boghiurilor (în jurul unei axe verticale) şi rotirea lor în jurul unei axe transversale respectiv longitudinale orizontale. Aceste condiții sunt impuse de circulația prin curbe şi de neregularitățile căii.

Boghiurile care nu sunt cuplate între ele poartă denumirea de boghiuri libere (cazul vagoanelor).

i) **Acționarea osiilor**, la boghiurile motoare, reprezintă totalitatea elementelor prin care se realizează legătura cinematică şi dinamică între motorul electric de tracțiune sau între reductor-inversorul de mers al transmisiei hidraulice, pe de o parte, şi osiile motoare, pe de altă parte.

În cazul general, acționarea osiilor se compune dintr-un sistem de arbori, articulații, elemente elastice şi un reductor.

Motorul electric (sau reductor-inversorul de mers de la ieşirea din transmisia hidraulică), acționarea osiei şi osia constituie un ansamblu complex, în care parametrii fiecărui agregat se condiționează reciproc.

2.3. Clasificarea boghiurilor

Boghiurile se definesc în funcție de tipul vehiculului căruia le sunt destinate şi de varianta constructivă a elementelor principale care intră în componența lor.

Boghiurile locomotivelor sunt boghiuri motoare având, cu foarte rare excepții, toate osiile motoare. Din punct de vedere constructiv sunt mai complexe decât boghiurile pentru vagoane datorită acționării osiilor şi modului de transmitere a forțelor longitudinale de la osii la rama boghiului şi la şasiul vehiculului.

Boghiurile se pot clasifica după:

- numărul de osii;
- construcția sistemului de legătură dintre cutie şi boghiu;
- tipul ghidajelor cutiilor de osie;
- tipul suspensiei;
- construcția dispozitivului de rapel.

Boghiurile motoare se mai clasifică în plus după:

- modul de cuplare al boghiurilor:
- tipul acționării osiilor.

Clasificarea boghiurilor în funcție de construcția elementelor componente este dată în figura 2.4.

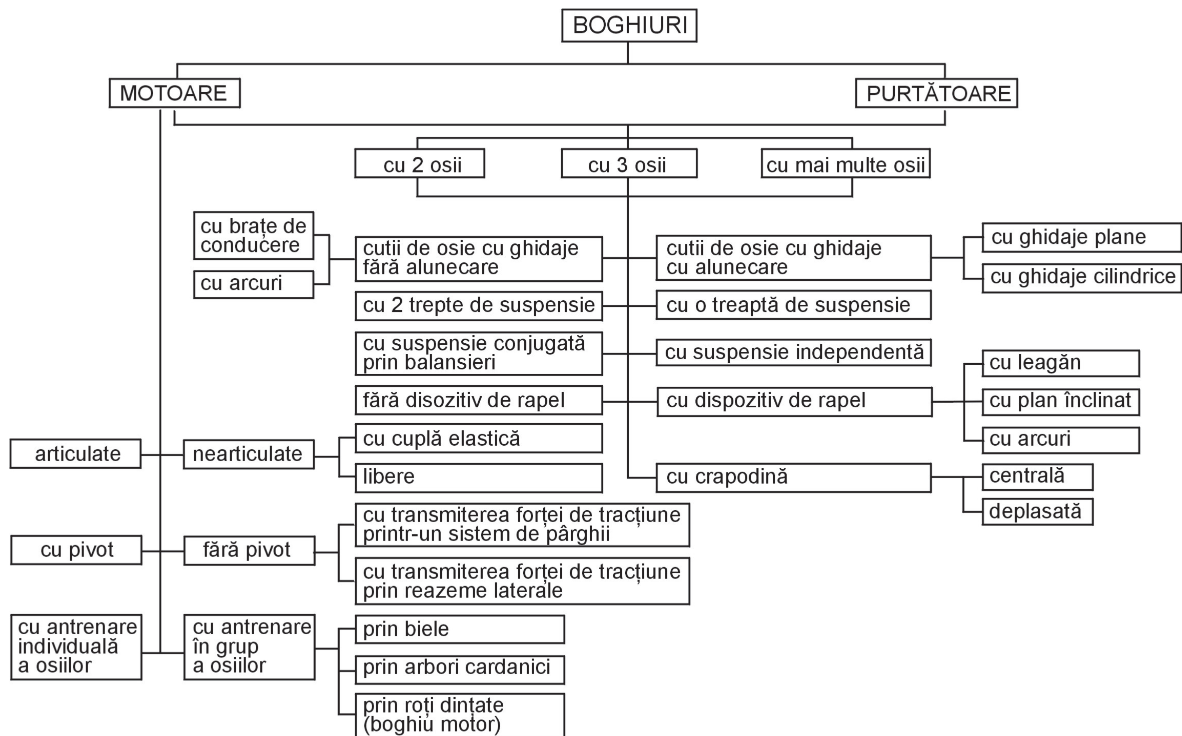

BOGHIURI
MOTOARE
PURTĂTOARE
cu 2 osii
cu 3 osii
cu mai multe osii
cu brațe de conducere
cu arcuri
cutii de osie cu ghidaje fără alunecare
cutii de osie cu ghidaje cu alunecare
cu ghidaje plane
cu ghidaje cilindrice
cu 2 trepte de suspensie
cu o treaptă de suspensie
cu suspensie conjugată prin balansieri
cu suspensie independentă
cu leagăn
fără disozitiv de rapel
cu dispozitiv de rapel
cu plan înclinat
cu arcuri
articulate
nearticulate
cu cuplă elastică
libere
cu crapodină
centrală
deplasată
cu pivot
fără pivot
cu transmiterea forței de tracțiune printr-un sistem de pârghii
cu transmiterea forței de tracțiune prin reazeme laterale
cu antrenare individuală a osiilor
cu antrenare în grup a osiilor
prin biele
prin arbori cardanici
prin roți dințate (boghiu motor)

Fig. 2.4

3. OSIA MONTATĂ

3.1. Construcția osiei montate

3.1.1. Elementele osiei montate

Osia montată se compune, în cazul general, din roțile 1 asamblate rigid pe osia 2 (figura 3.1).Greutatea vehiculului se transmite la osie prin capetele acesteia - fusurile 2.1. Osia montată poate fi cu fusuri interioare sau exterioare. La vehiculele motoare se folosesc osii cu fusuri interioare numai în cazul transmiterii cuplului motor prin biele, roțile fiind în exteriorul şasiului. La acționarea individuală a osiei sau la acționate în grup prin arbori cardanici se folosesc osii montate cu fusurile în exterior (figura 3.1 b).

Osia montată motoare mai cuprinde şi o roată dințată 3 pentru transmiterea cuplului la osie (figura 3.1. b). La unele locomotive pe osie se montează două roți dințate.

Legătura rigidă dintre osia 2 şi roțile 1 împiedică, la circulația vehiculelor prin curbe, o simplă rostogolire a roților şi dă naştere şi le o alunecare a acestora pe şină, deoarece firul liniei dinspre exteriorul curbei are o rază mai mare decât cel dinspre interior. Pentru micşorea acestui efect, precum şi pentru o conducere mai uşoară a osiei montate pe cale, suprafața periferică 1.1 a roților, denumită **suprafață de rulare**, care vine în contact cu suprafața superioară a şinei, se execută conic, convergent spre exterior.

Pentru ca roțile, şi deci vehiculul, să se mențină pe şine, să nu deraieze, la periferia roții, înspre interior (spre axa căii) se prevede o margine cu un diametru mai mare 1.2, denumită **buza bandajului**.

Cercul determinat de intersecția suprafeței de rulare a unei roți cu un plan perpendicular pe axa de rotație a osiei situat, la osiile montate pentru un ecartament normal, la o distanță de 750mm de mijlocul osiei, se numeşte **cerc de rulare**. Deci, între cercurile de rulare ale celor două roți, ale unei osii montate, pentru ecartamentul normal, este o distanță de 1500mm. Pentru alte ecartamente, această distanță se schimbă corespunzător ecartamentului respectiv. Diametrul roții se măsoară în planul cercului de rulare.

Roțile se fixează pe osie în aşa fel încât distanța l dintre fețele conice exterioare ale buzelor bandajelor, măsurată la 10mm sub cercul de rulare, să fie mai mică decât ecartamentul e şi deci între buzele bandajelor şi şine să rămână un joc total j, adică $e = l+j$.

Roțile transmit greutatea vehiculului la cale. Prin rostogolirea lor roțile permit deplasarea vehiculului în direcția căii, atunci când asupra lor acționează un cuplu motor (la vehiculele motoare) sau când asupra vehiculului acționează o forță de tracțiune sau împingere (la vehiculele tractate) şi conduc vehiculul pe şine.

3.1.2. Profilul periferic al roților

Principala caracteristică a osiilor montate de vehicule feroviare o formează faptul că ele permit, în condiții normale, o deplasare a vehiculului numai în direcția axei căii, limitând deplasarea lui în direcție transversală numai câțiva milimetri, atât cât permite jocul ***j*** dintre buza bandajelor şi şine, precum şi

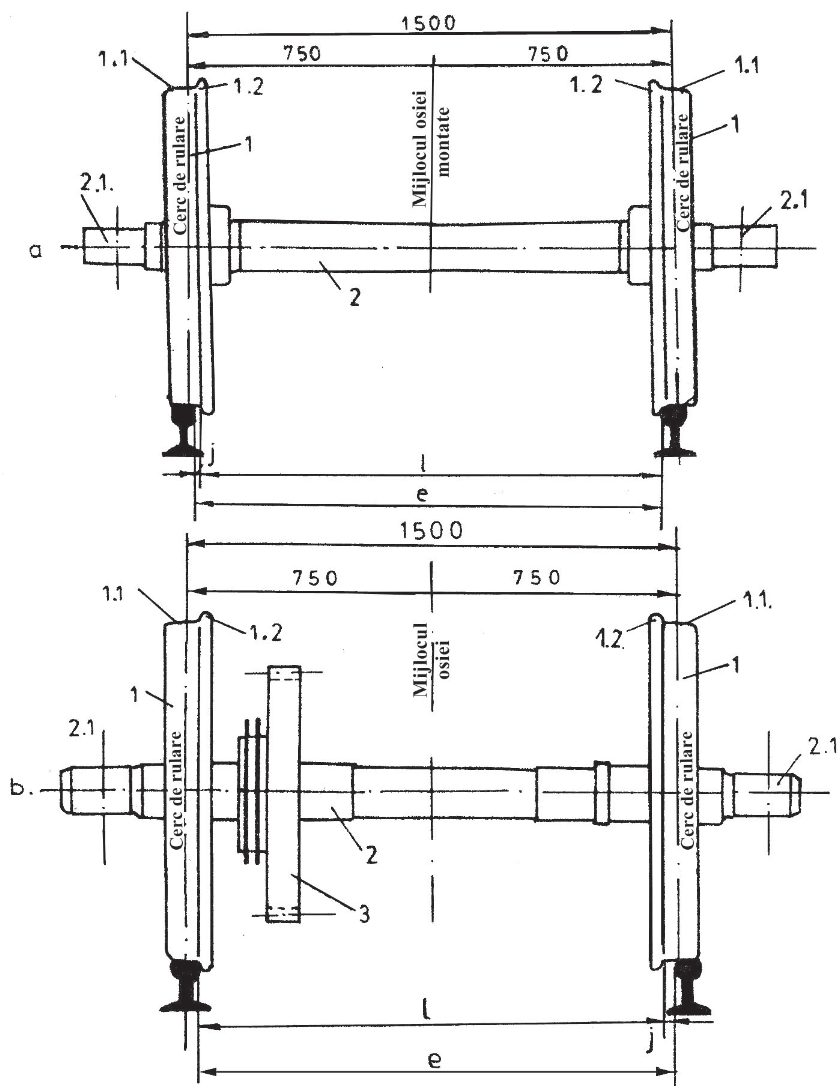


Fig. 3.1

supralărgirile din curbe. Periferia roții are un profil special în secțiune radială, compus din suprafața de rulare 1-2-3, mărginită spre exterior de fațeta 1-1a, iar spre interior de buza bandajului 3-4-5-6-7 (figura 3.2). Profilul bazei bandajului este format din două suprafețe conice: flancul exterior 4-5 şi flancul interior 7-8, racordate în punctele 5 şi 7 prin unul sau două arce de cerc formând în secțiune cupa bazei bandajului.

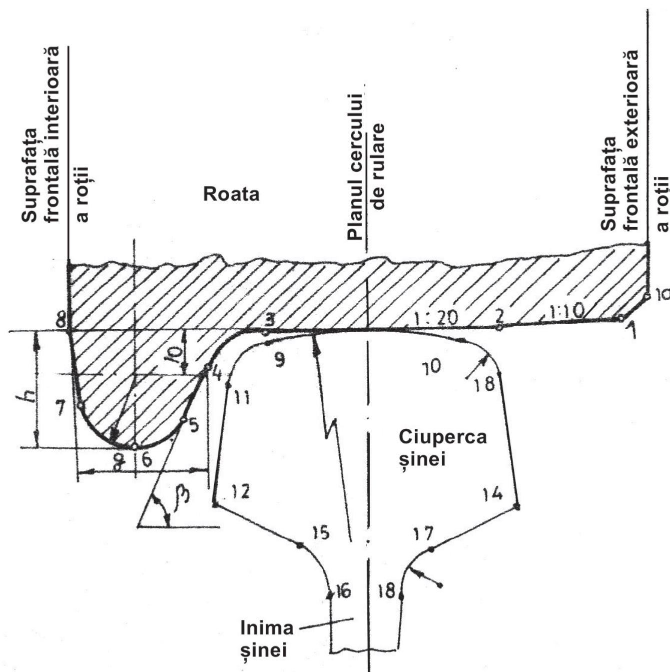


Fig. 3.2

Suprafața de rulare este racordată la flancul exterior al buzei bandajului prin suprafața 3-4, formând conjeul buzei bandajului. Înclinarea flancurilor, dar în special, a celui exterior 4-5, (adică unghiul β), are o deosebită însemnătate. Flancul exterior al buzei bandajului conduce în general roata pe cale, în timp ce flancul interior o conduce, numai în condiții speciale, în aparatele de cale (încrucişări, macazuri etc.).

Alte două mărimi importante în dimensionarea profilului periferic al roții sunt:

– grosimea bandajului ***g***, care este distanța de la flancul exterior la flancul interior, măsurată într-un plan radial la un diametru D_g =D + 20mm, unde D este diametru cercului de rulare (sau cum se mai obişnuieşte a se spune distanța g este măsurată la 10mm sub cercul de rulare);

– înălţimea buzei bandajului ***h***, care este distanţa radială cu care cupa buzei bandajului este mai mare decât raza cercului de rulare.

Conicitatea suprafeţei de rulare nu este uniformă pe toată lăţimea ei. Spre exterior, pe porţiunea 1-2, se dă o conicitate mai mare, iar pe porţiunea 2-3, o conicitate mai mică. Acest fapt se explică prin aceea că roata atinge şina cu suprafaţa de la marginea exterioară numai în timpul trecerii prin curbe cu rază mică şi, ca atare această porţiune se uzează mai puţin. De asemenea, conicitatea mai mare a porţiunii 1-2 şi suprafaţa 1-1a de la marginea exterioară, ridică suprafaţa frontală exterioară a roţii faţă de şină, ceea ce asigură trecerea nestânjenită în aparatele de cale, în special în cazul suprafeţei de rulare uzate. Cu o astfel de conicitate, la trecerea prin curbe, se reduce mişcarea de alunecare, roţile rulând pe cercuri de diametre diferite. Prin rularea vehiculului, suprafaţa de rulare se uzează şi conicitatea iniţială, dată la confecţionarea roţii, se schimbă până devine cilindrică, iar alunecarea roţilor creşte la trecerea prin curbe.

Pe căile ferate europene, dubla conicitate, variază puţin de la o cale ferată la alta. Astfel UIC prevede prin fişa 810-2 o suprafaţă de rulare cu dublă conicitate şi anume lângă buza bandajului 1:20, iar la marginea dinspre exterior de 1:10. Aceleaşi conicităţi ale suprafeţei de rulare sunt prescrise şi în STAS 112/3-90.

Ca urmare a jocului ***j*** dintre buzele bandajelor şi şine, între acestea nu există contact permanent, roata şi şina având contact adesea numai pe suprafaţa de rulare, teoretic în punctul de reazem A (figura 3.3a). În timpul rulării (în special în curbe) buza bandajului vine în contact cu şina, fie într-un punct B (figura 3.3 b), fie în două puncte A şi B (figura 3.3c) în funcţie de forma momentană a profilului bandajului şi a ciupercii şinei. Datorită formei profilului roţii şi al şinei, dar mai ales după o oarecare uzură a lor, contactul dintre roată şi şină are loc pe o anumită lungime a profilului bandajului, denumită linie de contact.

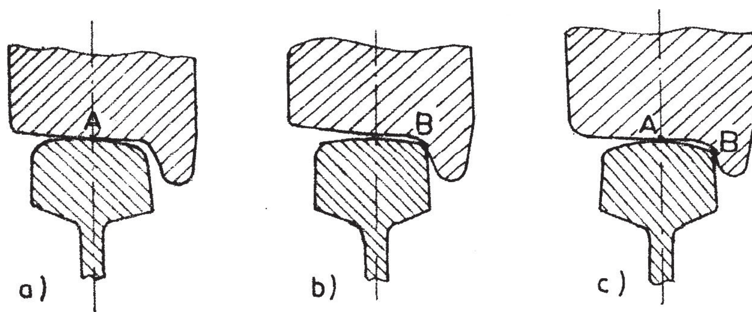


Fig. 3.3

De fapt, contactul dintre roată şi şină, ca urmare a elasticităţii materialului, nu are loc într-un punct sau în linie ci pe o anumită suprafaţă (elipsa lui Hertz).

Creşterea unghiului de înclinare a flancului exterior al buzei bandajului

măreşte siguranța contra deraierii, dar acest lucru duce la coborârea punctului B de contact al buzei bandajului şi riscul de deraiere creşte din cauza micşorării timpului de urcare a buzei bandajului pe şină. Apoi un unghi de flanc mare duce în primul rând la o uzură mai accentuată a bandajului şi şinei şi dă rezistențe mai mari la înaintare în curbe. De asemenea un unghi mare al flancului atrage la reprofilare un consum mare de material din bandaj, prin strunjire, şi reduce prin aceasta durata bandajului, ceea ce are mare însemnătate în economia unei administrații de cale ferată.

În ceea ce priveşte înălțimea buzei bandajului, trebuie ca şi ea să se mențină în anumite limite. O înălțime mică micşorează arcul buzei ce acoperă muchia şinei şi aceasta ar conduce la accidente, la trecerea peste aparatele de cale. Totodată o înălțime mică a buzei ar conduce şi la micşorarea drumului de urcare a acesteia pe şină, la o tendință de deraiere. O înălțime prea mare a buzei bandajului conduce şi ea la accidente, deoarece la trecerea peste aparatele de cale, roata ar rămâne momentan rezemată numai prin buza bandajului, pe fundul ghidajului încrucişării. Din acest motiv şi înălțimea buzei este limitată.

În ceea ce priveşte grosimea buzei bandajului, până în prezent i se dă o mare importanță din punct de vedere al siguranței circulației. Dacă această grosime ar fi prea redusă, la trecerea prin aparatele de cale, mai ales la o uzură mai pronunțată a acestora, sau la o întredeschidere a vârfurilor macazurilor, roata ar putea lua o altă direcție şi va conduce la accidente. De aceea, regulamentele şi prescripțiile de circulație fixează o dimensiune minimă de la care roata cu "buza bandajului ascuțită" se scoate din circulație.

Cercetările efectuate de o serie de administrații de căi ferate au arătat că, indiferent de profilul inițial al şinei şi al bandajului, atât şina cât şi bandajul se uzează la început destul de rapid pentru a căpăta o anumită formă care să ducă la un minim de uzură.

Şinele sunt înlocuite anual numai în număr relativ redus, astfel că ele au grade diferite de uzură şi deci uzează roțile pentru a le da forma lor. Din această observație, apare logic că ar trebui să se plece de la un profil inițial similar cu cel uzat, numit **profil de uzură**. Astfel a apărut profilul Heumann (figura 3.4a), apoi profilul Heumann-Lotter (figura 3.4b) modificat apoi de Vogel. Heumann a subliniat că ar fi de dorit să se plece de la un profil similar celui uzat, astfel încât forma lui să se mențină cu cât mai puține modificări posibile pe întreaga durată de serviciu a bandajului şi care să asigure totdeauna un contact într-un singur punct. La acest profil punctul de contact s-ar deplasa de-a lungul suprafeței de rulare până la conjeul buzei bandajului, pe măsură ce buza bandajului se deplasează spre şină, ceea ce ar reduce uzura bandajului şi a şinei, presiunea de contact şi rezistența la tracțiune şi astfel ar îmbunătății calitatea rulării.

Căile ferate engleze, luând în considerare studiile lui Heumann, au adoptat pentru încercări profilul din figura 3.4c. După o circulație de circa 100.000 mile (1milă=1609,3m), au căpătat o uzură uniformă, cu o mică reducere a diametrului,

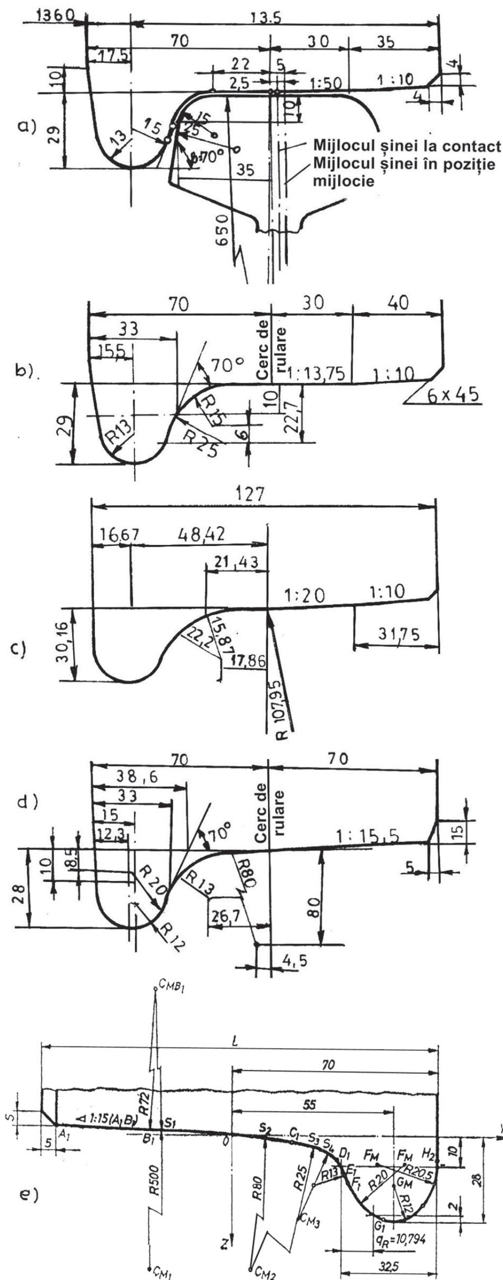

a)
Mijlocul șinei la contact
Mijlocul șinei în poziție mijlocie
b).
Cerc de rulare
1:13,75
1:10
6 x 45
c)
1:20
1:10
R 107,95
d)
Cerc de rulare
1: 15,5
e)
70
55
R500
R80
R25
R13
R20
R20,5
R12
32,5

Fig. 3.4

care are drept consecință practică un consum mic de material la strunjirea pentru reprofilare.

Căile ferate din Germania au introdus pentru încercări profilul din figura 3.4d.

Toate aceste profile au acelaşi unghi de înclinare a flancului exterior, însă ele se deosebesc prin conicitatea suprafeței de rulare. Profilul din figura 3.4b este interesant deoarece suprafața de rulare, pe o porțiune de 30mm, este cilindrică.

La noi în țară în construcția roților unor vagoane profilul care se utilizează este cel propus de prof. Sebeşan Ştefan de la Universitatea "Politehnica" din Bucureşti. Acesta s-a reprezentat în figura 3.4 e şi se apropie foarte mult de profilul de uzură.

Profilul din figura 3.2 se utilizează astăzi cu precădere, iar profilele din figura 3.4 au fost utilizate numai sub formă experimentală.

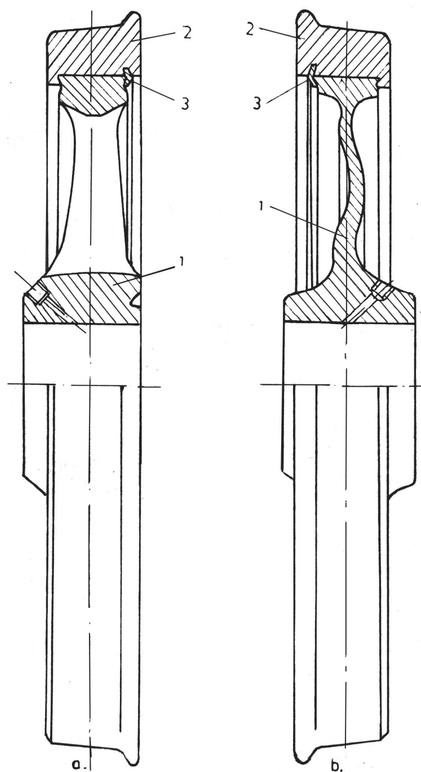


Fig. 3.5

3.2. Construcția roților

Roțile utilizate la vehiculele de cale ferată, deşi au aceleaşi caracteristici principale, se deosebesc totuşi între ele prin construcția lor, prin materialele folosite la confecționare, prin natura vehiculului la care se montează, prin ecartamentul liniei şi diametru roților etc. Roțile osiilor motoare depind de asemenea de tipul şi construcția acționării osiei.

Din punct de vedere constructiv se deosebesc două categorii de roți: roți cu bandaje şi roți monobloc (roți dintr-o singură piesă).

3.2.1. Roțile cu bandaje

O roată cu bandaj (figura 3.5a şi b) se compune dintr-o parte centrală 1, denumită corpul roții, bandajul 2 şi un inel 3 dintr-un profil special, denumit inel de fixare.

Corpul roții poate fi cu spițe sau cu disc.

Corpul roții cu spițe, denumit şi steaua roții (figura 3.6), se utilizează numai la osiile montate ale unor locomotive, de exemplu la locomotivele CFR 060-DA de 2100 CP şi 040-DHC de 1250 CP.

Steaua roţii se confecţionează din OT 40 A prin turnare. Oţelul folosit are următoarele caracteristici:

– rezistenţa la rupere la tracţiune R_m = 400…500 N/mm^2;
– limita de curgere R_e= min. 200 N/mm^2;
– alungirea la rupere A_5 = min. 20%;
– rezilienţa K_{min} = 60 N•m/cm^2;
– duritatea Brinell 145…175 HB,

şi compoziţia chimică: C = 0,10…0,20%; Mn = 0,50…0,80%; Si = 0,20…0,50%; P ≤ 0,06%; S ≤ 0,06; P+S ≤ 0,10%.

Se recomandă la proiectarea stelelor de roţi pentru dimensiunile butucului (diametru, lungime):

D_b = (1,6 … 2,0)d şi

l_b = (0,7 … 1,0)d

unde d este diametrul alezajului butucului.

Înălţimea secţiunii obadei depinde de forţa de apăsare a roţii pe şină şi variază între 40 şi 55mm.

Obada poate avea secţiune dreptunghiulară, triunghiulară sau eliptică (figura 3.7a, b, c).

Spiţele au de obicei secţiune circulară sau eliptică.

Numărul spiţelor trebuie să fie impar, pentru evitarea ruperii lor. Dacă se măreşte diametrul obadei, trebuie să se mărească şi numărul spiţelor, în aşa fel încât distanţa dintre spiţe, măsurată pe circumferinţa exterioară a obadei, să nu fie prea mare.

Variaţia bruscă a rigidităţii roţii în locul unde spiţele trec în obadă produce mărirea acţiunii dinamice a roţilor asupra liniei, în special la trecerea peste joante şi ace.

Fig. 3.6

Fig. 3.7

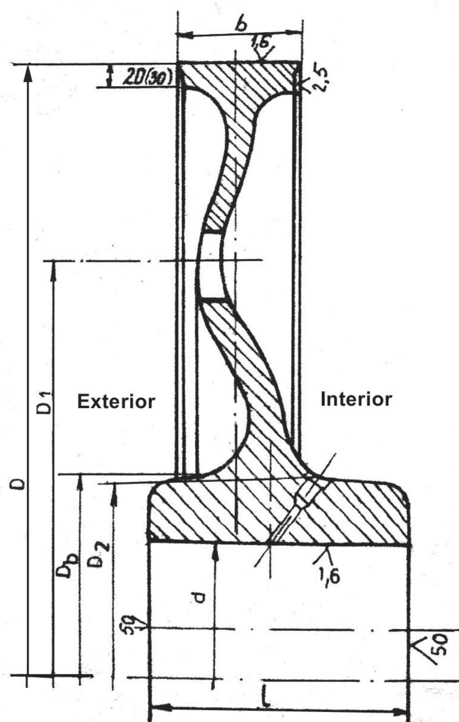


Fig. 3.8

Concentrarea materialului lângă butuc produce tensiuni interioare mari, care duc la apariţia fisurilor. Din această cauză, cât şi al altor dezavantaje pe care le prezintă această construcţie, în prezent se folosesc tot mai mult în construcţia de locomotive şi generalizat în construcţia de vagoane, roţi având corpul cu disc. Cele trei părţi – obada, butucul şi discul (diafragma) – sunt executate dintr-o bucată (figura 3.8). Asemenea corp de roată este denumit, în STAS 1831-74, roată-disc pentru bandaj aplicat, iar în fişa UIC 812-1 şi 812-2 simplu, corp de roată.

La CFR **roata-disc** se fabrică, conform STAS 1831-86, din oţel carbon obişnuit prelucrat la cald prin presare şi laminare sau prin forjare în matriţe, din calupuri de oţel debitate la rece, din ţagle sau lingouri.

Fişa UIC 812-1 precum şi STAS 1831-86 prescriu, pentru oţelul folosit, o rezistenţă la rupere de R_m = 420 … 500 N/mm^2 şi un coeficient de calitate C ≥ 105 definit în tabelul 3.1, în care A_5 reprezintă alungirea specifică la rupere în %, l_O – lungimea între repere care serveşte la măsurarea lungimii de rupere şi A_O – secţiunea iniţială a părţii calibrate a epruvetei.

Tabelul 3.1

l_O	C
8,16 $A_0^{0,5}$	R_m + 2,5 A_5
5,65 $A_0^{0,5}$	R_m + 2,2 A_5
4 $A_0^{0,5}$	R_m + 2 A_5

Pentru asigurarea unei calităţi corespunzătoare a materialului, se va lua în considerare că la frânare, bandajul încălzit (dilatat) trebuie să se menţină în contact rigid cu obada prin arcuire elastică a discului, care trebuie să fie elastic în direcţie radială. Pe baza acestui considerent se dă discului forma de S alungit (figura 3.8). De asemenea se urmăreşte ca materialul să aibă o limită de curgere ridicată şi o rezistenţă mare la oboseală.

Tot pentru a asigura o calitate corespunzătoare a materialului, se ia în considerare (STAS şi UIC) capacitatea de deformare a acestuia la şocuri succesive.

Standardul precizează, abaterile şi toleranţele admisibile, din care se semnalează:

– la profilul discului (membranei), abateri locale de maximum 8mm;

– ovalitatea maximă la diametrul exterior al obadei în stare finisată, de 0,5mm şi bătaie de minimum 1mm;

– la diametrul exterior al butucului în stare finisată, conicitatea va fi de minimum 1,0mm, cu diametrul mare spre interiorul roţii, iar ovalitatea de maximum 0,05mm.

Bandajul, din punctul de vedere tehnic şi economic şi mai ales din punctul de vedere al siguranţei circulaţiei, este partea cea mai importantă a unei roţi cu bandaj. Profilul exterior al bandajului a fost arătat în figura 3.2. Spre interior, bandajul este mărginit de suprafaţa 9-10 cu care se asamblează pe obada corpului

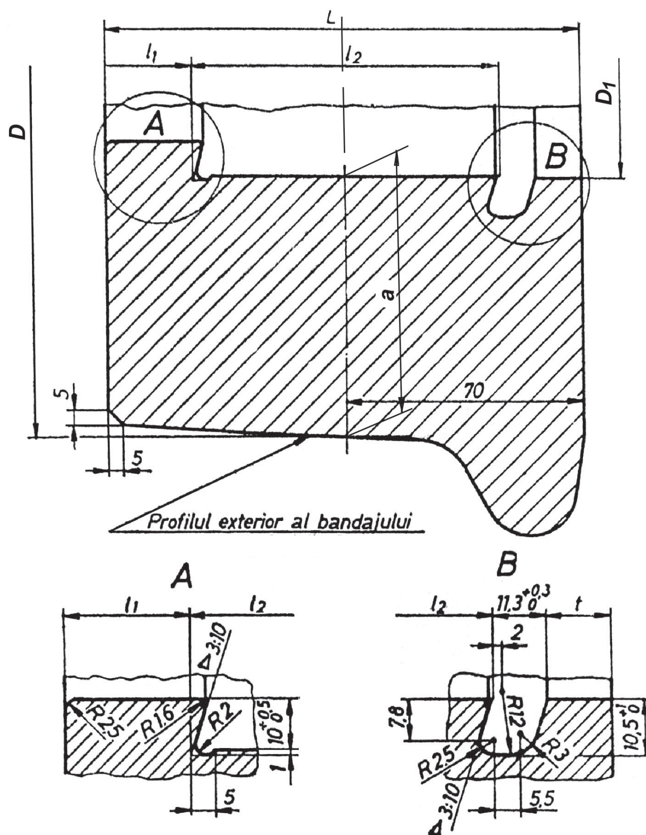


Fig. 3.9

roţii; pragul 10-15-16 şi canalul 12-13-14-9 care servesc pentru asamblarea bandajului în corpul roţii (figura 3.9).

Distanţa ***a*** măsurată în planul cercului de rulare constituie grosimea bandajului, care variază – la diferitele administraţii de cale ferată şi după scopul roţii – la bandajele noi, între 55 şi 75mm. Această grosime, se reduce, prin uzură şi reprofilări până la grosimea minimă admisă de 35mm la vagoanele de călători; 25 …30mm la cele de marfă şi 30mm la locomotive.

Dimensiunile bandajelor în stare prelucrată pentru construcţiile noi de vehicule sunt date în tabelul 3.2.

La CFR, conform STAS 112/1-80, bandajele se confecţionează din oţel-carbon, având caracteristicile mecanice arătate în tabelul 3.3.

Tabelul 3.2

Diametrul de rulare D [mm]	D_1 [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
920	770	135	25	86
950	800	135	25	86
1000	850	135	25	86
1000	850	140	15	105
1000	850	140	32	86
1100	950	140	18	102
1250	1100	140	23	100

Tabelul 3.3

Marca oţelului	Rezistenţa de rupere la tracţiune, R_m, N/mm^2 (kgf/mm^2)	Duritatea Brinell, HB	Rezilienţa* KCU 30/2, J/cm^2, (kgf•m/cm^2) min.	Coeficient** de calitate $C=R_m+2{,}2A_5$, min.	Domeniul de utilizare a bandajelor (informativ)
V	690…820 (70...84)	200…240	29 (3)	109	Roţi de vagoane
LV	740…840 (75…86)	214…245	25 (2,5)	110	Roţi de vagoane
L					Roţi de locomotive cu abur, tendere şi roţi motoare şi libere de automotoare
LD	850…930 (82…95)	230…270	20 (2)	110	Roţi de locomotive electrice şi Diesel-hidraulice

*) În cazul determinării rezilienţei KCU 30/5, valorile se vor stabili de comun acord cu beneficiarul final.

**) Coeficientul de calitate dat în tabel este valabil pentru valorile din paranteze.

Fişa UIC 810-1 prevede pentru confecţionarea bandajelor folosirea, de asemenea, a unui oţel carbon nealiat, dar din punct de vedere al caracteristicilor mecanice stabileşte două calităţi: BV1 şi BV2. Oţelul BV1 are o rezistenţă la rupere R_m = 600…720N/mm^2, iar oţelul BV2 – R_m = 700…840N/mm^2. Fişa prevede un coeficient de calitate, definit după tabelul 3.1, de C ≥ 95 pentru bandajele netratate termic BV2 şi C ≥ 109 – pentru bandajele tratate termic, cu o alungire la rupere A_5 > 8% determinate pe epruvete $l_O = 5,65 \bullet A_O^{0,5}$.

Asamblarea bandajului pe corpul roţii se face astfel încât în timpul exploatării să nu apară nici o mişcare relativă între bandaj şi obadă, iar în cazul ruperii bandajului, acesta să nu poată sări de pe roată.

Montarea bandajului pe corpul roţii se face la cald.

Pentru a asigura o legătură solidă, ajustajul corpul roţii – bandaj se execută cu strângere relativă s = 1,0…1,7‰, adică diametrul interior al bandajului D_1 trebuie să fie mai mic decât diametrul D_2 al obadei cu 1,0…1,7mm pentru fiecare metru al diametrului D_2.

Dacă strângerea relativă este ε = 0,9/1000…1,6/1000 atunci la un coeficient de dilataţie termică liniară α, bandajul trebuie încălzit cu cel puţin $\Delta t = \varepsilon/\alpha$ ^{O}C peste temperatura centrului de roată.

La ε = 1/1000 şi α = 1/84600 se obţine $\Delta t \approx 85^{O}$C, iar la ε = 1,6/1000 rezultă $\Delta t \approx 144^{O}$C, însă bandajele se încălzesc la $t \in$ (250…300^{O}C) pentru a se monta mai uşor.

STAS 4138-82 prevede că între diametrul D_1 şi D_2 trebuie să existe relaţia:

$$D_1 = D_2 - \frac{(1,5 \pm 0,2) D_2}{1000}$$, pentru vagoane cu viteza maximă de 120Km/h şi

$$D_1 = D_2 - \frac{(1,6 \pm 0,1) D_2}{1000}$$, pentru vagoane cu viteza mai mare de 120Km/h.

şi că bandajul trebuie încălzit în mod uniform la temperatura strict necesară montării, care însă nu va depăşi 300^{O}C.

O încălzire la temperaturi mai mari de 300^{O}C micşorează forţele de strângere şi deci soliditatea îmbinării.

Pentru ca ansamblul bandaj-corp de roată să nu se slăbească în timpul exploatării trebuie ca suprafeţele de contact ale bandajului şi corpului roţii să fie prelucrate cu o rugozitate cât mai mică. În cazul unei prelucrări mai brute, contactul se face între neregularităţile suprafeţelor, care însă cu timpul se strivesc şi duc la micşorarea strângerii.

Fişa UIC 813 prescrie aceiaşi strângere s = 1,5±0,2‰ şi, de asemenea prevede, că la cererea clientului, urmele rămase prin uzinare, pe suprafeţele de contact, se vor îndepărta.

În ceea ce priveşte forma geometrică şi dimensiunile bandajelor, după cum s-a arătat, se deosebesc cel puţin de la o administraţie de cale ferată la alta.

Bandajul utilizat la locomotivele CFR 060-EA este redat în figura 3.10.

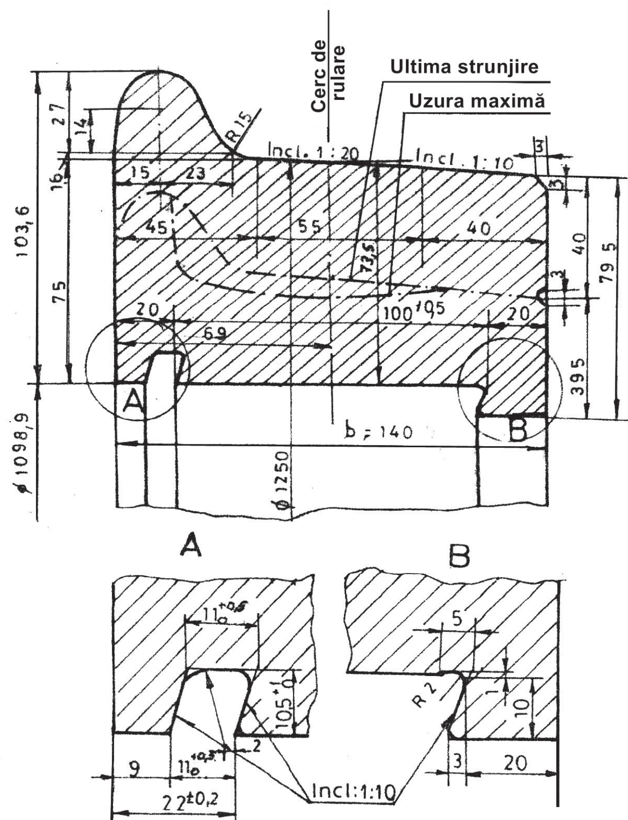


Fig. 3.10

După montarea bandajului pe corpul roții se introduce inelul de fixare (figura 3.11a) după care marginea C a bandajului se presează pe inel (figura 3.11b) pentru strângerea şi fixarea lui.

Inelul de fixare se confecționează din bare laminate, drepte, cu profil dreptunghiular sau special. La CFR se folosesc, conform STAS 1351-80, bare din oțel OL 38 având profilul din figura 3.12.

3.2.2. Roțile monobloc

În prezent, tendința generală este de a se folosi la vagoane roți executate dintr-o singură piesă, adică roți monobloc. Acestea sunt utilizate şi la unele locomotive.

Roata monobloc este confecționată dintr-o singură piesă, la care se deosebesc butucul 1, discul (membrana) 2 şi coroana roții 3, aceasta contopind obada şi bandajul de la roțile cu bandaje (figura 3.13).

Fig. 3.11

Fig. 3.12

Avantajele utilizării roților monobloc laminate sunt:

– excluderea slăbirii bandajului datorită strângerii probabile, uzurii sau datorită fisurării acestuia;

– solicitările permanente, sporite, din corpul roții, date de strângerea bandajului montat la cald, dispar la roata monobloc şi ca urmare secțiunea discului roții se poate reduce, lucru ce se mai poate obține şi prin ondularea dublă a discului. Prin aceasta se obține o reducere a greutății roții;

– utilizarea unei singure calități de material;

– evitarea efectelor periculoase ale forței centrifuge şi ale frânării bandajului la circulația cu viteze ridicate;

– prezintă o suficientă elasticitate, dată prin forma constructivă, chiar la folosirea de materiale cu o rezistență mai mare decât la discurile roților cu bandaje.

În timpul exploatării în roata monobloc apar tensiuni importante, în funcție de sistemul de frânare.

La frânarea cu saboți, roțile monobloc sunt supuse unor regimuri termice, care au drept consecință, apariția în disc şi în coroană, a unor tensiuni variabile. Atâta timp cât discul roții este încă rece, el nu poate urmări dilatarea coroanei

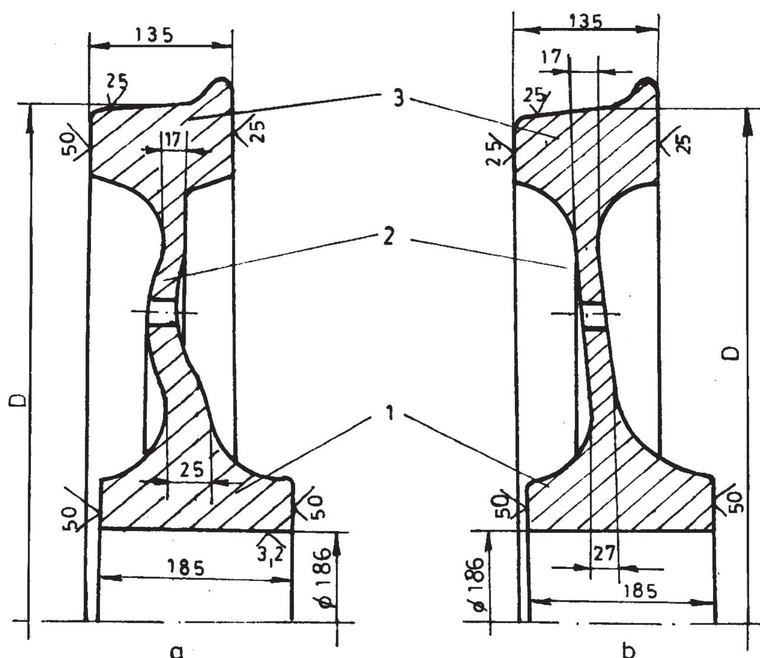


Fig. 3.13

încălzite prin frecarea saboților, iar în disc, la racordarea cu coroana, apar tensiuni radiale de întindere. După egalizarea temperaturilor, coroana care rulează pe şina rece, fiind răcită intens şi de aer, se răceşte mai repede decât discul. Tensiunile de întindere se modifică în tensiuni de compresiune. Aceste tensiuni radiale alternative se suprapun cu tensiunile care apar în exploatare, care sunt în parte radiale şi în parte tangențiale. De aceea roata monobloc nu este indicată pentru vehiculele cu frânare cu saboți decât numai atunci când solicitarea la frânare nu este prea mare (putere de frânare mică).

De asemenea, încălzirea puternică a suprafeței de rulare a coroanei prin frecarea saboților, poate da uşor naştere la rizuri în coroană.

Deşi roata monobloc nu are de preluat forțele de fretare ale unui bandaj, totuşi ea a primit, încă de la început forma de S, elastică în sens radial. Pentru roata monobloc frânată cu saboți, această construcție este necesară pentru a prelua dilatările şi tensiunile datorită solicitărilor termice. Cercetările efectuate cu privire la formă dau anumite indicații şi anume că este de preferat un disc subțire, cu o formă în S alungit decât un disc plan mai gros. În privința butucului şi a racordării acestuia cu discul s-a găsit că din cele patru construcții uzuale în prezent la roțile monobloc (figura 3.14) şi anume construcția (a) cu o trecere cu rază mică, (b) – cu o trecere cu rază mare, (c) – cu o trecere în formă de coş şi

(d) – cu o trecere conică – mai avantajoasă (cu solicitările cele mai reduse) este construcția (b), în ordine descrescândă urmează construcțiile (c) și (d), pentru ca cea mai puțin avantajoasă să fie construcția (a).

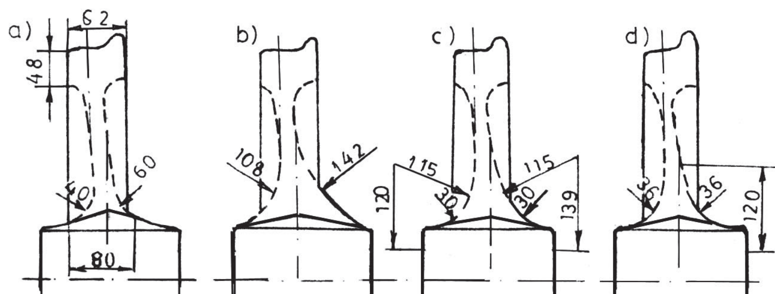


Fig. 3.14

Referitor la solicitările din disc, măsurătorile făcute au condus la concluzia că dacă se dă discului și o ondulare în sensul perimetrului roții (nu numai în sens radial) se poate reduce grosimea acestui disc și deci greutatea.

Roțile monobloc prevăzute cu frână cu disc sunt supuse numai tensiunilor provenite din presarea roților pe osie, dar care nu au nici o influență asupra coroanei. În exploatare la frâna cu disc, coroana și discul se încălzesc continuu, dar numai în limite moderate. Lipsesc, astfel, tensiunile termice alternative și prin aceasta, lipsește pericolul formării fisurilor în disc datorită tensiunilor. Lipsește și încălzirea suprafeței de rulare, însă au loc, totuși, alunecări laterale ale coroanei pe șină, care pot da naștere la căliri. De aceea, oțelul ales pentru roțile monobloc nu trebuie să aibă tendință spre călire.

Din cercetările și încercările efectuate pentru determinarea materialului roților monobloc s-a ajuns la concluzia că roțile monobloc confecționate dintr-un oțel asemănător celui pentru bandaje, cu o rezistență la rupere de 600…720 N/mm^2 corespund atât din punct de vedere tehnic cât și economic.

Din încercările efectuate de SNCF (Căile Ferate Naționale Franceze) rezultă că pentru roțile monobloc utilizate la locomotive este indicat un oțel nealiat cu un conținut redus de carbon, la care coroana să fie tratată termic.

Fișa UIC 812-3 și STAS 8824/1-91 stabilesc, pentru confecționarea roților monobloc laminate, oțelul carbon nealiat marca BV1 și BV2, adică același material ca și pentru bandajele actualelor roți cu bandaje.

În ultimul timp însă, din cauza solicitărilor mari la care sunt supuse bandajele (viteze și sarcini pe osie mai ridicate, roți cu diametru mai mic etc.), s-au semnalat în materialul acestora depășiri ale limitelor de solicitare admisibile, și ca urmare au apărut uzuri mai pronunțate sub diferite forme și chiar ruperi de bandaje. Aceasta înseamnă că materialul folosit până în prezent pentru bandaje nu mai

este satisfăcător pentru cerinţele actuale şi mai ales pentru cele viitoare şi în consecinţă aceste materiale nu mai corespund nici pentru roţile monobloc laminate, ceea ce a impus cercetări în vederea găsirii şi folosirii unor oţeluri de calitate mai bună.

3.2.3. Roţile de construcţie specială

Roţile cu bandaje în construcţie clasică şi roţile monobloc din oţel laminat, deşi s-au comportat şi se comportă bine în exploatare, au şi unele dezavantaje. Astfel, aceste roţi au o greutate mai mare şi ca urmare, ele fiind nesuspendate, dau naştere în timpul rulării la forţe dinamice mai mari din cauza neregularităţilor căii. Caracterul pulsatoriu al acestora limitează în primul rând durabilitatea materialului bandajului (coroanei) şi poate provoca ruperi de bandaje (coroane). Apoi, prin rostogolirea pe şine, roţile produc zgomote de intensităţi mari care, în cazul vagoanelor de călători şi al vehiculelor urbane, compromit confortul.

Pentru eliminarea, cel puţin parţială, a acestor inconveniente, s-a dat discului roţii de oţel forme constructive care să asigure o elasticitate cât mai mare, dar efectul fiind insuficient, s-a urmărit introducerea unor construcţii speciale de roţi la vagoane şi vehiculele urbane. Astfel au apărut roţile arcuite, adică roţile la care, pentru a obţine o elasticitate cât mai mare, s-a introdus elementul elastic în interiorul roţii. Ca element elastic se foloseşte cauciucul introdus sub formă de inele sau role.

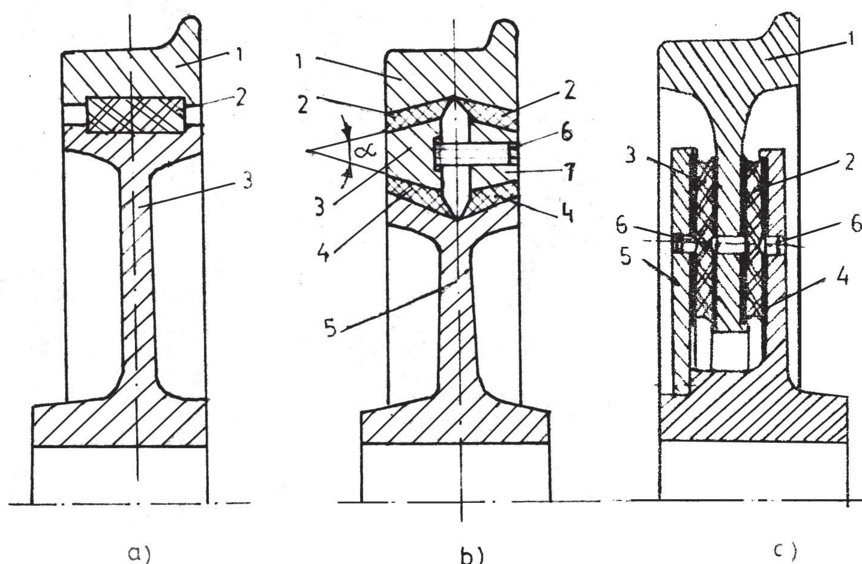


Fig. 3.15

Inelul de cauciuc, la **roțile cu inele** (figura 3.15), se montează sub bandaj (figura a), pentru a crea loc unei cantități suficiente de cauciuc. Prin aceasta se amortizează în bune condiții zgomotele rulării bandajului şi se reduce considerabil masa nesuspendată. Construcția este simplă. La sarcini verticale inelul de cauciuc 2 lucrează numai la compresiune şi de aceea arcuirea verticală, foarte mică, este insuficientă şi cu timpul săgeata verticală se pierde în bună parte. Arcuirea transversală (în lungul axei osiei) este foarte mare în raport cu cea verticală, cauciucul lucrând în direcție transversală la forfecare. La unele osii montate libere, cum ar fi osiile montate libere de la boghiurile cu trei osii, acest lucru constituie un avantaj.

În figura 3.15 b se arată o construcție de roată cu două inele de cauciuc 2 şi 4 montate între bandajul 1 şi discul 5. Inelele tronconice 3 şi 7 asigură legătura între bandaj şi disc. La montajul roții inelele de cauciuc se fixează cu strângere prealabilă, care se asigură cu ajutorul şurubului de distanțare 6. Avantajele acestei construcții sunt: simplitatea, montajul uşor şi posibilitatea obținerii de rapoarte variabile între rigiditatea suspensiei în direcție verticală şi transversală prin construcții cu diferite unghiuri α.

La acest tip de roți este exclusă folosirea frânelor cu saboți, deoarece cauciucul fiind montat lângă bandaj, se supraîncălzeşte şi se alterează.

La construcția din figura 3.15 c, inelele din cauciuc 2 şi 3 sunt solicitate în direcție verticală numai la forfecare, şi de aceea se asigură o arcuire verticală suficient de mare. Inelele de cauciuc vulcanizate pe armături metalice sunt fixate cu o strângere prealabilă prin şuruburile de distanțare. Găurile pentru ştifturile 6, constituie concentratori de tensiuni, aceasta reprezentând un dezavantaj al acestor roți.

Roțile cu role de cauciuc (figura 3.16) se compun din discul 1 care face corp comun cu bandajul, discul 2 executat din aceeaşi piesă cu butucul, discul de presare 3 care se fixează cu prezoanele distanțiere 4 de discul 2. Între aceste discuri sunt montate rolele de cauciuc 5 (în număr de 8) asamblate prin vulcanizare pe discul 1 al roții. Prin strângerea şuruburilor, o dată cu asamblarea, se obține şi pretensionarea cauciucului.

Un dezavantaj al roților arcuite cu cauciuc şi în special a roților cu diametru mic, aşa cum s-a arătat anterior, este eliminarea influenței căldurii produse prin frânare. Acest dezavantaj s-a eliminat la construcția din figura 3.17 la care s-a introdus o ventilație pentru răcirea cauciucului. Rolele din cauciuc 4 sunt vulcanizate pe armăturile metalice 5 şi 6. Una din armăturile rolei este prevăzută cu cepuri de distanțare 7 care asigură spațiul necesar, între role şi discul 1, pentru circulația aerului, roata acționând ca un ventilator. Această construcție permite o mişcare elastică de arcuire a discului 2 în direcție radială, axială şi tangențială.

Pe lângă reducerea substanțială a zgomotelor de rulare, se mai reduc şi accelerațiile verticale şi laterale ceea ce duce la uzuri mai mici la vehicul şi la

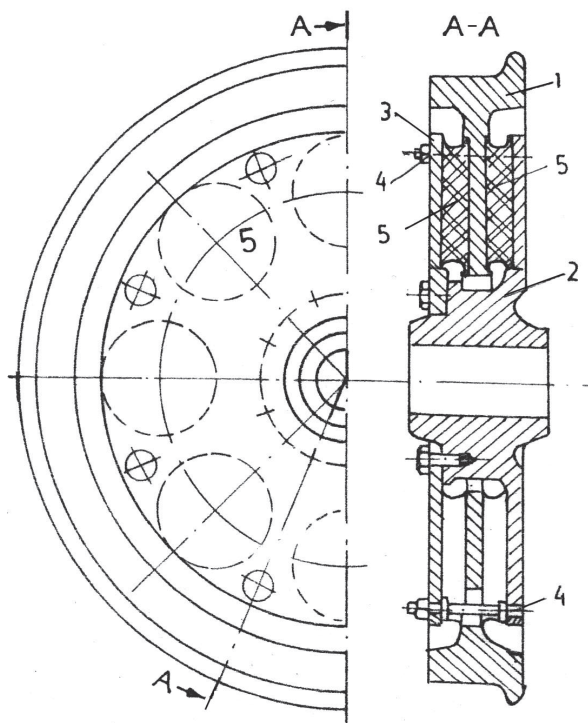


Fig. 3.16

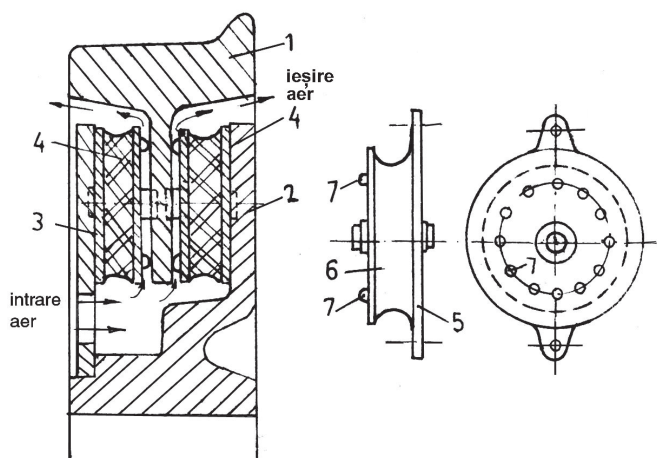


Fig. 3.17

suprastructura căii. Toate acestea au fost confirmate de rezultatele obținute în urma folosirii îndelungate a acestei construcții la vehiculele de cale normală.

Greutatea unei osii montate cu astfel de roți depăşeşte destul de mult pe cea a unei osii montate clasice, iar prețul de cost este de două ori mai mare decât al unei osii montate clasice. Totuşi, deşi greutatea noilor roți arcuite este mai mare decât a roților clasice, datorită reducerii efectului forțelor dinamice, solicitările din elementele constructive ale vehiculului sunt mai reduse şi deci se pot reduce dimensiunile acestor elemente, lucru care determină o scădere a greutății vehiculului. Greutatea vehiculului se reduce, de asemenea, şi datorită simplificării suspensiei (dispare suspensia primară). Costul mai ridicat al roții arcuite se recuperează, în parte, prin reducerea uzurii bandajului şi şinei.

3.3. Construcția osiilor

Osia primeşte, prin intermediul suspensiei, cota-parte ce-i revine din sarcinile ce acționează asupra cutiei şi boghiului (sarcina verticală statică şi dinamică, forța centrifugă, presiunea vântului, forța de inerție etc.) şi direct, eforturile ce se nasc între roată şi cale în timpul rulării, precum şi eforturile datorită tracțiunii şi frânării.

Osiile se execută, în general, sub formă de osii pline, deşi au existat şi există şi în prezent încercări de folosire a osiilor tubulare.

3.3.1. Forma, caracteristicile, dimensiunile şi materialul utilizat

Osia propriu-zisă este formată din tronsoane, diametrul fiecărui tronson corespunzând solicitărilor la care este supus şi destinației lui funcționale.

Osiile motoare acționate individual prin motoare de tracțiune semisuspendate, cu tracțiune unilaterală a cuplului (printr-o singură roată dințată pe osie), figura 3.18, sunt formate din fusurile 1 (în cazul acesta exterioare), pe care se aşează cutiile de osie cu rulmenți, umărul osiei 2 pentru aşezarea obturatorului de praf, porțiunea de calare 3 (îmbinare prin strângere) a roților

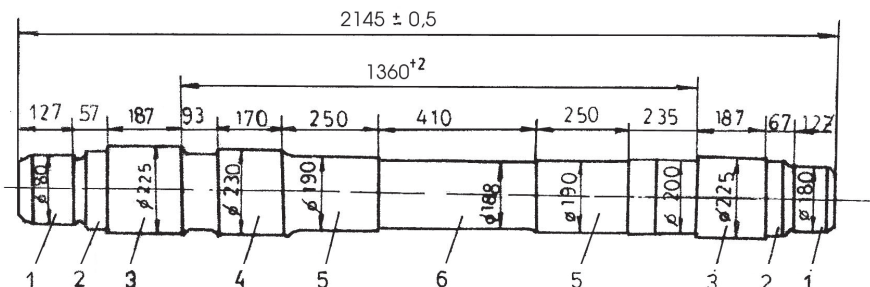


Fig. 3.18

motoare , porțiunea de calare 4 a coroanei dințate, fusurile 5 ale lagărelor motoarelor de tracțiune şi corpul osiei 6.

Osiile motoare acționate individual prin motoare de tracțiune complet suspendate (pe rama boghiului) nu au fusuri pentru lagărele motoarelor de tracțiune (figura 3.19).

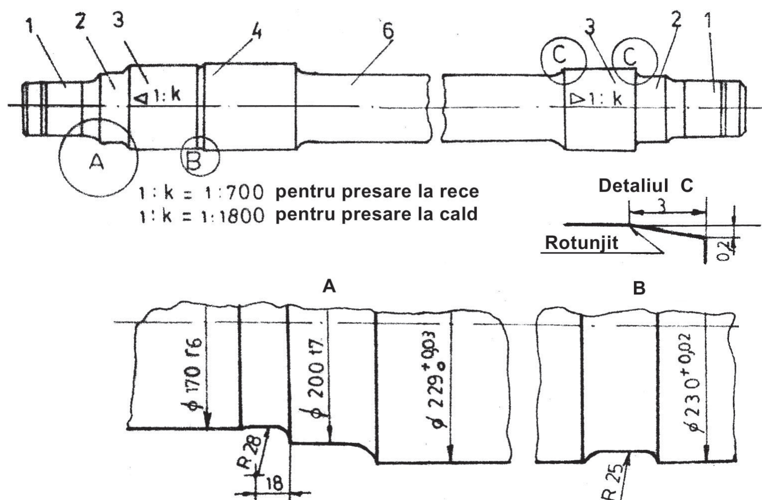


Fig. 3.19

Osiile motoare antrenate în grup prin arbori cardanici (osiile locomotivelor diesel-hidraulice) sunt formate din fusurile 1 pentru cutiilor de osie cu rulmenți, umărul osiei 2 pentru aşezarea obturatorului de praf, porțiunea de calare 3 a roților motoare, corpul osiei 4, fusurile 5 ale lagărelor atacului de osie şi flanşa 6, pe care se montează roata dințată (figura 3.20)

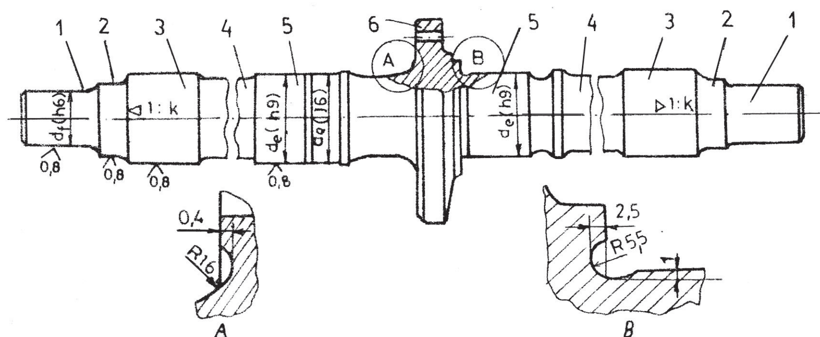


Fig. 3.20

Pentru a evita trecerile bruşte, între diferitele secţiuni ale osiei, sunt prevăzute racordări, iar între fus şi porţiunea de calare, fiind o diferenţă mai mare de diametre, se prevede o zonă de trecere intermediară – umărul osiei – pe care se montează elementele de etanşare ale cutiei osiei.

Osiile de vagoane au o construcţie mai simplă, fiind formate din următoarele tronsoane: fusurile, umerii osiei, porţiunile de calare şi corpul osiei (figura 3.21 şi Tabelul 3.4).

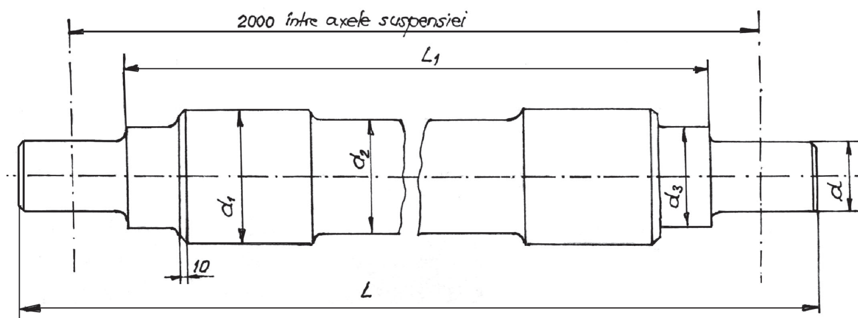


Fig. 3.21

În cazul folosirii cutiilor de osie cu cuzineți, fusurile se termină printr-o rozetă. Osiile de vagoane folosite în prezent de diferitele administrații de cale ferată europene diferă puțin prin unele dimensiuni, dar toate care folosesc cale cu

Tabelul 3.4

Tipul osiei	Sarcina maxima admisibilă pe osie 2Q [tf]	Dimensiuni [mm]						Masa aprox. [kg]	Destinație
		l	d_1	d_2	d_3	L	L_1		
A I	20	120	185	160	146	2250±1	1798±0,5	546	Vagoane marfă, V_{max}=200Km/h
A II	20	120	185	160	146	2156±1	1798±0,5	541	
A III	20	130	185	160	160	2200±1	1798±0,5	343	Vagoane calatori cu 2Q= max. 18tf, V_{max}=140 Km/h
B	20/22,5	130	200	173	160	2180±1	1798±1	393	Vagoane marfă, V_{max}=120/100 Km/h
C	16	130	185	160	160	2180±1	1798±1	341	Vagoane calatori, V_{max}=140Km/h
D	16	130	185	160	160	2180±1	1798±1	362	Vagoane calatori, V_{max}=200Km/h

ecartament normal tind către osii unificate internațional. La CFR osiile de vagoane se confecționează după STAS 1830-91.

Pentru diametrul de 185mm al porțiunii de calare toleranțele se vor stabili corespunzător diametrului efectiv al alezajului roții care se montează pe osia

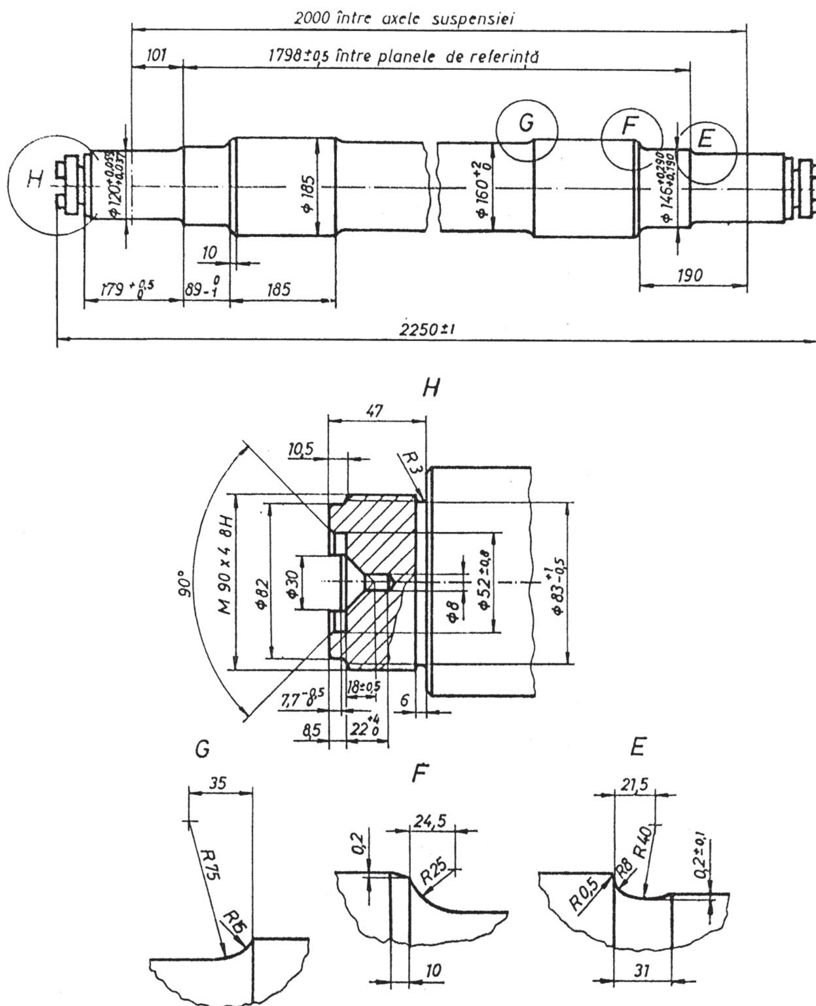


Fig. 3.22

respectivă pentru a asigura forța de presare necesară. În figura 3.22 s-a prezentat osia de tip AI utilizată la vagoanele de marfă.

Osiile motoare se confecționează din oțel aliat. Astfel osiile locomotivelor

CFR 060-EA şi ale locomotivelor diesel-hidraulice se confecţionează din oţel aliat 34Mo CN15 care are următoarele caracteristici mecanice după îmbunătăţire: R_m = 750...900N/mm^2; limita de curgere R_e = min. 550 N/mm^2; alungirea la rupere A_5 = min. 14%; contracţia specifică transversală ψ = min. 55%.

Osiile de vagoane se confecţionează din oţel a cărui caracteristici variază, în general, foarte puţin de la o administraţie de cale ferată la alta. La CFR pentru osiile de vagoane se foloseşte oţelul OC 01 ale cărui caracteristici sunt prevăzute în STAS 1947-90. Fişa UIC 811 prevede folosirea unui oţel cu aceeaşi compoziţie chimică şi aproximativ aceleaşi proprietăţi mecanice (rezistenţa la rupere R_m = 550...650N/mm^2, coeficientul de calitate, definit conform tabelului 3.1, C ≥ 110).

Una din problemele importante care se pun la osii este rezistenţa la oboseală. În primul rând s-a cercetat geometria generală a osiei, trecerile de la o secţiune la alta şi mai ales porţiunea critică de trecere de la o porţiune de calare la corpul osiei. Printr-o prelucrare corespunzătoare a porţiunilor de calare şi a celor de trecere la corpul osiei se poate obţine o creştere a rezistenţei la oboseală cu circa 10%. De asemenea s-a constatat că această trecere, aşa cum s-a fixat şi de către UIC, şi s-a adoptat şi la CFR, trebuie să aibă forma indicată în figura 3.22, detaliul G.

3.3.2. Osiile montate

Ansamblul celor două roţi pe osie pentru a forma osia montată se realizează printr-o fixare rigidă (îmbinare prin strângere) a roţilor pe osie fie prin presare la rece, fie prin fretare. Pentru a obţine strângerea necesară, diametrul porţiunii de calare a osiei se execută cu 0,75…1,25‰ mai mare decât diametrul alezajului roţii. Fişa UIC prevede că pentru corelarea (la osiile de vagoane) în toate cazurile, valorile strângerii relative trebuie să fie cuprinse între 0,9 şi 1,25‰. De exemplu, la o porţiune de calare de d = 185mm, strângerea relativă (serajul) trebuie să fie cuprins între 185•0,9/1000 ≈ 0,17mm şi 185•1,25/1000 ≈ 0,23mm.

Roţile se pot monta pe osie, fie fără bandaj, fie cu bandajul montat în prealabil.

În cazul în care roţile se asamblează pe osie prin presare la rece, forţa de presare finală, care este forţa maximă, trebuie să fie cuprinsă între valoarea

Tabelul 3.5

Felul roţii	Valoarea coeficientului K la folosirea	
	seului	uleiului
Roată disc fără bandaj	300…350	350…500
Roată disc cu bandaj aplicat	350…500	400…600
Roată monobloc	350…500	400…600

minimă şi maximă, calculată cu formula P = D•K, în care P este forța de presare finală în daN, D – diametrul efectiv al osiei în porțiunea de calare, în mm şi K este un coeficient a cărui valoare se determină din tabelul 3.5.

La locomotivele diesel-electrice CFR 060-DA se montează pe osie roțile fără bandaj (adică numai stelele roții) cu o forță de presare care variază între 70tf şi 110tf; strângerea (serajul) butuc-osie fiind s = 0,24mm.

La locomotiva electrică CFR 060-EA roțile se montează pe osie prin fretare, serajul butuc-osie fiind de 0,215…0,275mm.

Roțile dințate se montează direct pe osie (figura 3.23a) în cazul locomotivelor CFR 060-DA şi 060-EA; pe butucul prelungit al corpului roții (figura 3.23b), sau cu flanşe, cum este cazul la majoritatea locomotivelor cu osiile acționate în grup prin arbori cardanici (locomotive diesel-hidraulice), figura 3.23c.

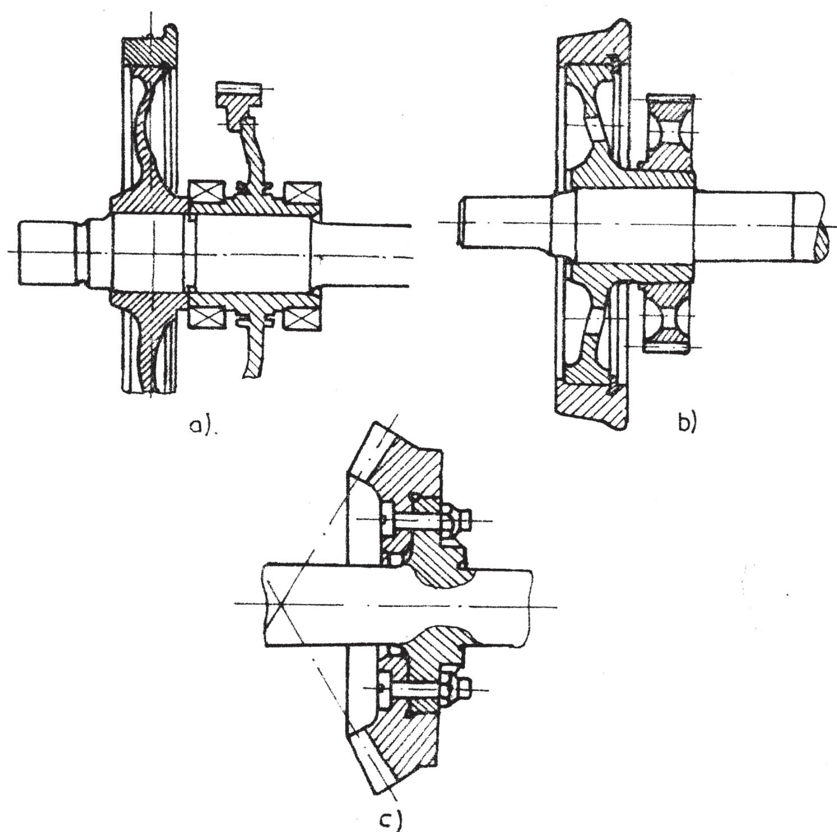


Fig. 3.23

În primele două variante, roata dințată (sau corpul roții) se montează prin presare la rece sau prin fretare.

Forța necesară presării la rece depinde, în primul rând de valoarea ajustajului. La locomotiva diesel-electrică CFR 060-DA, roata dințată se presează la rece cu o forță de presare de 40…47 tf, strângerea fiind de 0,23…0,25mm.

La montarea la cald a corpului roții dințate, aceasta se încălzeşte prin inducție la temperatura maximă de 200^{O}C timp de 30…35 minute.

După o anumită perioadă de timp (10…20 ore) de la montarea roților pe osie, forța necesară pentru depresare este foarte mare (de 2…3 ori mai mare decât forța pentru presare), astfel că nu se mai poate folosi metoda obişnuită de depresare a roților, adică numai cu presa hidraulică. De aceea se utilizează metoda de depresare a roților prin introducerea de ulei sub presiune între cele două suprafețe de contact. În acest caz pentru depresare este necesară o forță relativ mică ($25•10^4$…$70•10^4$ N) şi nu mai au loc deteriorări ale suprafețelor osiei şi roții.

Existența ajustajului roată-osie, cu strângeri mari, reduce rezistența la oboseală a osiei cu roata presată pe ea în comparație cu osia propriu-zisă. Aceasta se explică prin:

- concentrarea tensiunilor ca rezultat al ajustajului presat;
- frecarea de contact dintre roată şi osie, care se produce ca urmare a variației în timp a tensiunilor;
- coroziunea de frecare.

Într-o osie netedă, fără roți presate pe ea, solicitată la încovoiere, există o stare de solicitare clară, tensiunile dintr-o secțiune oarecare variază liniar. În sens radial şi tangențial, teoretic, nu există solicitări. Existența ajustajului roată-osie influențează nu numai de legea de variație a presiunii de contact, ci si modificarea stării de solicitare. În osie, pe porțiunea de calare a roților, apare o stare de tensiune triaxială.

După montarea roților pe osie, pe suprafața de contact apare o presiune de contact, care asigură apariția forțelor de frecare ce împiedică deplasările relative ale celor două piese. Dacă piesele îmbinate printr-un ajustaj cu strângere ar avea aceeaşi lungime, presiunea de contact s-ar repartiza uniform pe suprafața de contact, având valoarea:

$$p = \frac{sE}{d} \cdot \frac{1-k^2}{2} \; [N/mm^2]$$

în care: s – strângerea ajustajului, în mm;

E – modulul de elasticitate al oțelului, în N/mm^2;

d – diametrul nominal al suprafeței de calare a osiei, în mm;

$k = d/D_0$ – coeficient

D_0 – diametrul exterior al butucului, în mm.

Pentru că cele două piese care se asamblează (roata şi osia) au lungimi diferite,

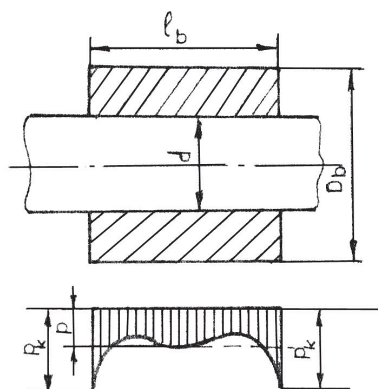


Fig. 3.24

presiunea de contact se distribuie neuniform pe suprafaţa de strângere. Datorită influenţei părţilor osiei învecinate porţiunii de calare şi care împiedică deformarea ei, presiunea din apropierea marginilor butucului roţii creşte mult, şi deci trebuie luată în considerare presiunea pe muchie p_k (figura 3.24). În cazul unui butuc cu marginile nerotunjite, presiunea maximă pe muchie este practic infinită. În realitate, valoarea presiunii este limitată deoarece, pe de o parte, se poate considera că butucul se lărgeşte la capete, pentru ca osia prin acţiunea de sprijin a părţilor învecinate e mai puţin comprimată la capetele butucului decât sub mijlocului butucului, iar pe de altă parte apare o limitare datorită deformaţiilor plastice ale muchiilor butucului.

Pentru micşorarea coeficientului de concentrare a tensiunilor în osie la marginea interioară a butucului, se utilizează diferite forme constructive ale butucului roţii (figura 3.25) şi ale porţiunii de calare a osiei (figura 3.19, detaliul C).

Momentul încovoietor, dat de forţele exterioare care acţionează asupra osiei, poate fi preluat şi de butuc dacă presiunea de contact asigură apariţia unor forţe de frecare suficient de mari care să împiedice mişcarea relativă a celor două piese. Forţa de frecare este dată de relaţia:

$$F_f = \mu_f \cdot p \cdot S$$

în care: μ_f este coeficientul de frecare;

p – presiunea de contact;

$S = \pi \cdot d \cdot \Delta l$ – suprafaţa de contact considerată;

l – lungimea de strângere considerată.

Deoarece suprafaţa de contact la muchia butucului este $S_O = 0$ şi creşte liniar spre mijlocul butucului, forţa de frecare transmisibilă pe unitatea de suprafaţă creşte de la valoarea $F_{fO} = \mu_f \cdot p \cdot S_O = 0$. Dacă presiunea de muchie $p_k > p$, forţa de frecare prezintă iniţial o creştere bruscă. Dacă presiunea pe muchie scade, viteza de creştere a forţei de frecare este mică la început.

Există deci, o zonă (măsurată de la muchia butucului) în care forţa de frecare dintre butuc şi osie nu este suficientă pentru transmiterea momentului încovoietor, la butucul roţii. Această zonă atinge lungimea maximă la fibrele extreme ale

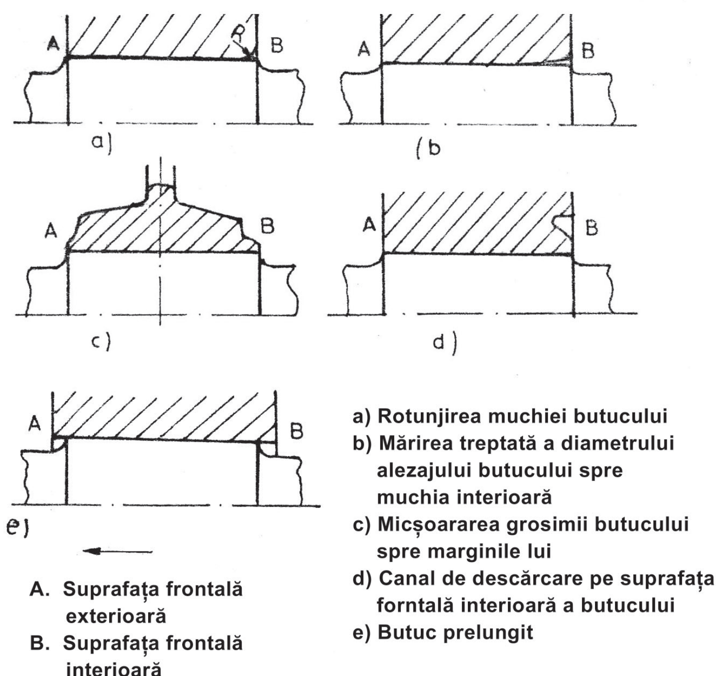


Fig. 3.25

secțiunii osiei solicitate la întindere. În fibrele extreme comprimate lungimea acestei zone trebuie să fie mai mică, deoarece aici presiunea pe muchie este mai mare decât în zona solicitată la întindere.

Prezența zonei de frecare provoacă la alezajul roată-osie o **coroziune de frecare** la capătul interior al butucului. Această influență se manifestă deseori prin eliminarea, de pe suprafața de contact a osie cu butucul roții, a unor particule fine de oțel oxidat. Ca urmare a coroziunii de frecare se formează un “rost de ajustare” care uneori se observă la depresarea roților de pe osie. Aceasta este, de altfel, cea mai bună dovadă că a existat o frecare între osie şi butuc, şi că ajustajul roată-osie nu este destul de trainic, cel puțin într-o zonă limitată. Trebuie avut în vedere, că pe lângă slăbirea îmbinării, care în timpul funcționării se accentuează tot mai mult de la capătul butucului spre mijlocul său, pot să apară fisuri pe suprafeța de contact şi deci ruperea osiilor cu rost de ajustare. Ca urmare a coroziunii de frecare, este corodată atât suprafața de contact a butucului cât şi a osiei. Fisurile de pe suprafața de calare nu apar la marginea ajustajului, cum ar fi de aşteptat întrucât aici efectul de concentrare a tensiunilor este maxim, ci apar pe suprafața de contact la 5…20mm, uneori chiar la o distanță mai mare,

de suprafața frontală interioară a butucului. Apare, deci, un concentrator de tensiuni, a cărui efect este mărit, dacă pulberea care se formează, nu este eliminată în exterior, ci se adaugă sub formă de microparticule pe suprafața de contact între roată şi osie.

3.3.3. Dimensiunile osiei montate impuse de cale

Între dimensiunile şi condițiile tehnice impuse căii de rulare şi osiei montate există o strânsă dependență. În afară de condițiile generale impuse pentru calea curentă în aliniament şi rularea osiei pe ea, aparatele de cale (macazurile, traversările etc.) şi curbele căii impun o serie de condiții suplimentare.

Poziția inițială teoretică a osiei montate pe cale, adică poziția față de care se determină elementele profilului de rulare şi de ghidaj a bandajului (buza bandajului) este arătată în figura 3.26. În această poziție, buza bandajului nu se află în contact cu suprafața verticală interioară a şinei. Proiecția, pe planul

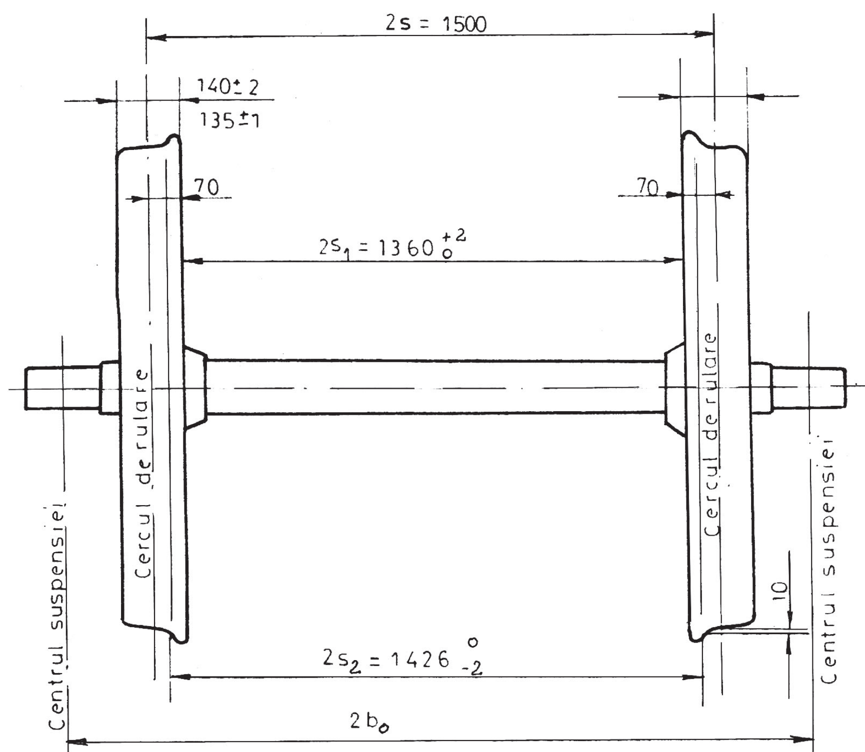


Fig. 3.26

orizontal tangent la cercul de rulare, a segmentului aB (vezi figura 3.27) se numeşte semijocul j/2 a osiei montate, jocul total fiind j.

Pentru uşurarea mersului în curbă, calea se lărgeşte în curbele cu rază egală sau mai mică de 500mm cu o mărime bine definită, denumită **supralărgire**. În tabelul 3.6 se dau valorile supralărgirii la CFR.

Tabelul 3.6

Pentru curbe cu raza		Supralărgirea [mm]
de la [mm]	până la [mm]	
100	200	25
201	250	20
251	300	15
301	400	10
401	500	5
501	>501	0

Trecerea de la aliniament la curbă şi de la curbă la aliniament se face prin aşa numita **curbă de racordare**, care de obicei este o parabolă de ordinul trei.

Pentru asigurarea funcţionării normale a buzei bandajului, grosimea ei nu trebuie să scadă sub o anumită mărime reglementată la CFR prin valorile date în tabelul 3.7

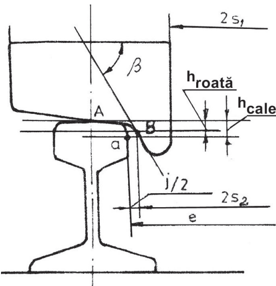


Fig. 3.27

Tabelul 3.7

Grosimea minimă g [mm]	Tipul vehiculului
20	Vagoane de marfă
22	Vagoane de călători; Locomotive cu $V_{max} \leq 100$ km/h
25	Locomotive cu $V_{max} > 100$ km/h

Grosimea nominală a buzei bandajului nou trebuie să aibă o valoare care să asigure jocul între şină şi buză, astfel că în aliniament, pe cât posibil, să nu existe frecări. Grosimea nominală a buzei bandajului este de 33mm la CFR.

4. ACȚIONAREA OSIILOR MOTOARE

4.1. Condițiile impuse acționării osiilor

Cuplul motorului se transmite la osiile montate prin intermediul transmisiei de forță. Agregatele din circuitul de forță al transmisiei care fac legătura cu osiile montate sunt:

– motoarele electrice de tracțiune la locomotivele şi automotoarele diesel-electrice şi electrice, respectiv

– reductor-inversorul de mers la locomotivele şi automotoarele diesel-hidraulice şi mecanice.

Legătura acestor agregate cu osiile montate se face prin intermediul unui ansamblu format dintr-un sistem de arbori, articulații elastice şi unul sau două reductoare. Acest ansamblu poartă numele de **acționarea osiei**.

La vehiculele ale căror osii sunt antrenate în grup prin arbori cardanici, reductorul montat pe osie poartă denumirea de **atac de osie**.

La locomotivele diesel şi electrice modul de acționare a osiilor motoare şi cel de suspensie a motoarelor de tracțiune sau al atacurilor de osie joacă un rol foarte important pentru că sunt agregate costisitoare ale echipamentului electric respectiv mecanic. Din acest considerent ele trebuie să fie cât mai economic utilizate. Soluția acționării osiilor a fost elaborată într-o diversitate mare de variante, fiecare din ele justificându-şi mai mult sau mai puțin utilizarea. Unele din soluții s-au menținut, îmbunătățindu-se permanent, pe măsura perfecționării tehnologiilor de fabricație, altele au fost abandonate definitiv iar altele au fost reluate şi perfecționate, după ce au fost abandonate timp de mai mulți ani.

Transmiterea cuplului de la motorul electric de tracțiune sau de la transmisia hidraulică şi mecanică la osia montată se poate realiza numai în cazul în care agregatul respectiv este legat în întregime sau parțial de construcția suspendată de arcuri (care preia cuplul de reacțiune de la agregat la dezvoltarea cuplului motor). Rezultă deci că acționarea osiei trebuie să facă legătura între partea nesuspendată pe arcuri, adică osiile montate, şi agregatul de tracțiune care este parțial sau în întregime suspendat pe arcuri.

La elaborarea schemei cinematice a mecanismului de transmitere a cuplului motor de la partea suspendată la partea nesuspendată trebuie să se ia în considerare existența deplasărilor verticale relative între agregatul de tracțiune şi osia montată (deplasări inevitabile la trecerea roților peste denivelările căii) şi de oscilațiile construcției suspendate. Această condiție complică foarte mult construcția acționării osiei.

Limitarea dimensiunilor vehiculului de gabaritul feroviar iar a greutății - de rezistența căii şi necesitatea de a construi locomotive de putere mare produc mari dificultăți la montarea motoarelor electrice de tracțiune, de putere necesară,

în spațiul disponibil limitat de conturul roților şi de un plan orizontal situat la cel puțin 100mm deasupra planului de rulare. Acest spațiu este relativ redus şi de aceea acționarea osiei nu trebuie să restrângă gabaritul motoarelor electrice de tracțiune. Transmisia hidraulică şi mecanică fiind compusă, în general, din mai multe agregate, pentru a acoperi domeniul de viteză al locomotivei., are dimensiunile de gabarit relativ mari în comparație cu cele ale spațiului disponibil dintre roțile motoare, astfel că ea se montează complet suspendată fie în cutie, fie pe boghiuri.

Pentru a răspunde condițiilor de exploatare ale locomotivelor şi automotoarelor, acționarea osiei trebuie să îndeplinească anumite condiții, dintre care cele mai importante sunt:

– să permită montarea motoarelor electrice de tracțiune astfel încât să fie uşor accesibile pentru control, reparații şi protejate contra prafului, umezelii şi zăpezii;

– asigurarea vitezei optime a motorului electric la un randament cât mai ridicat;

– realizarea unei greutăți minime a părților nesuspendate pe arcuri pentru micşorarea acțiunii dinamice asupra căii;

– asigurarea unei legături elastice între motorul de tracțiune şi osia montată.

Acționările osie se pot clasifica după mai multe criterii astfel:

a) După **modul de suspensie** al motorului electric se disting:

– acționări cu motorul electric nesuspendat:

– acționări cu motorul electric semisuspendat;

– acționări cu motorul electric complet suspendat.

b) După **numărul de osii acționate**:

– acționare individuală la care fiecare osie montată este acționată de propriul său motor electric de tracțiune sau de transmisia hidraulică sau mecanică;

– acționare în grup, la care motorul electric de tracțiune sau o transmisia hidraulică acționează mai multe osii, fie prin intermediul bielelor (construcții mai vechi) sau cu arbori cardanici, fie prin intermediul unui tren de roți dințate.

Ultima soluție s-a aplicat la construcțiile cele mai moderne.

c) După **turație**:

– acționare directă fără reductoare de turație, la care turația osiei motate este egală cu turația motorului electric care o acționează;

– acționarea cu reductoare de turație la care turația osiei motoare este mai mică decât a agregatului de forță, transmiterea cuplului făcându-se printr-un angrenaj reductor, cu una sau mai multe trepte.

Clasificarea acționării osiilor este prezentată centralizat în figura 4.1.

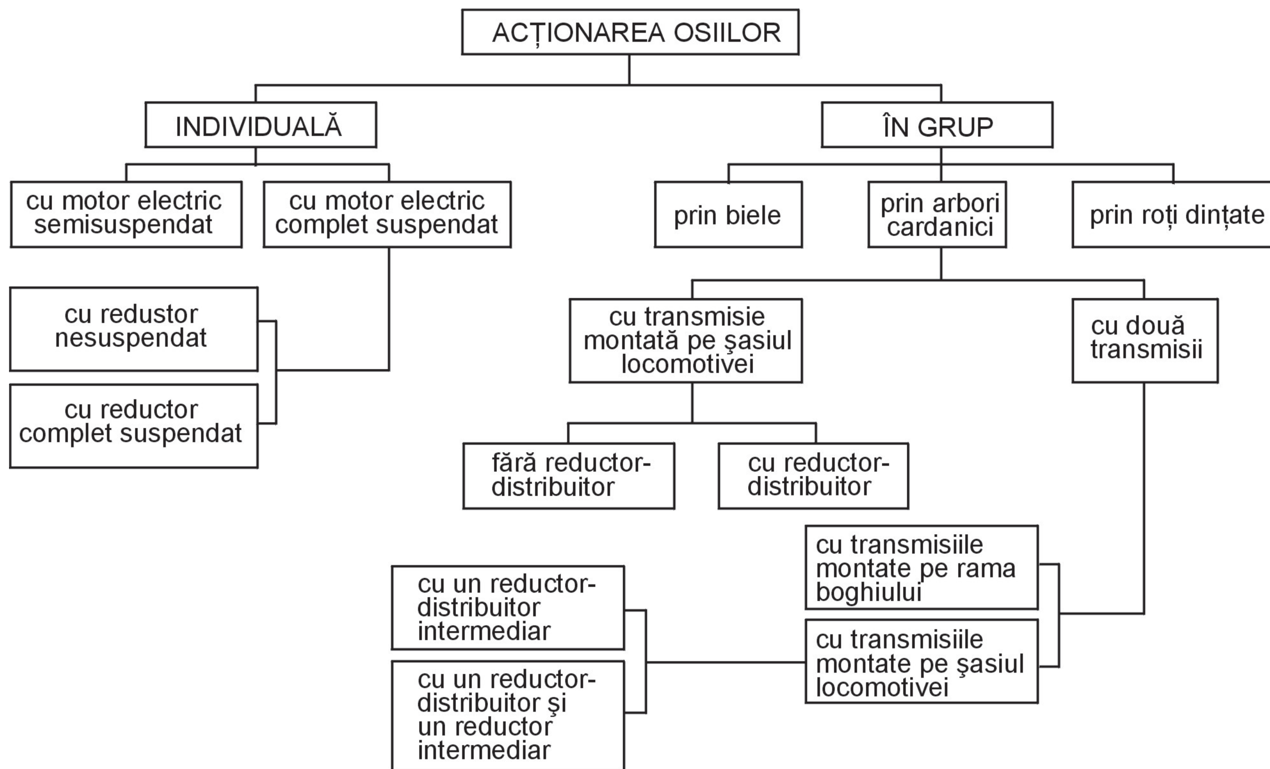

ACȚIONAREA OSIILOR
INDIVIDUALĂ
ÎN GRUP
cu motor electric semisuspendat
cu motor electric complet suspendat
prin biele
prin arbori cardanici
prin roți dințate
cu redustor nesuspendat
cu reductor complet suspendat
cu transmisie montată pe şasiul locomotivei
cu două transmisii
fără reductor-distribuitor
cu reductor-distribuitor
cu transmisiile montate pe rama boghiului
cu transmisiile montate pe şasiul locomotivei
cu un reductor-distribuitor intermediar
cu un reductor-distribuitor şi un reductor intermediar

Fig. 4.1

Luând în considerare această clasificare, la locomotive se utilizează următoarele acționări:

– La automotoarele diesel-electrice aproape de la început s-a utilizat acționarea individuală, cu reductor de turație, care în ultimul timp a fost completată cu angrenaje cu roți conice şi cu transmisie cardanică;

– La locomotivele diesel-electrice şi electrice, în ultimele decenii, s-au utilizat, în marea majoritate a cazurilor, acționarea individuală şi reductoare de turație, cu motoare electrice semisuspendate sau complet suspendate;

– La locomotivele şi automotoarele diesel-hidraulice şi mecanice se utilizează atacuri de osie nesuspendate sau semisuspendate cu acționare în grup, transmiterea cuplului de la transmisia hidraulică sau mecanică (complet suspendată) la roțile montate făcându-se prin arbori cardanici şi angrenaje reductoare simple sau multiple.

S-au construit şi locomotive diesel-hidraulice cu caracter experimental cu acționare individuală, fiecare osie fiind acționată de câte o transmisie hidraulică complet suspendată.

Pe lângă acestea, atât la locomotivele diesel-electrice şi hidraulice cât şi la locomotivele electrice se constată în prezent o evoluție rapidă a acționării în grup, prin roți dințate (boghiuri monomotoare cu două şi trei osii).

Acționarea individuală directă fără reductoare de turație nu s-a generalizat datorită caracterului său impropriu atât din punct de vedere economic cât şi din punct de vedere al dezideratelor exploatării feroviare. Motorul electric, prin natura lui, fiind o maşină rotativă, are putere specifică cu atât mai mare cu cât turația este mai ridicată. Viteza admisă la periferia rotorului motorului electric este de cca. 60 m/s, ceea ce în cazul acționării directe, corespunde unei viteze de 216 km/h. Dacă rotoarele ar fi calate direct pe osie şi cum roțile motoare trebuie să aibă un diametru cu cel puțin 20% mai mare decât a motoarelor, rezultă o viteză economică de mers de 260 km/h, valoare care este mult superioară celei admise în prezent de majoritatea liniilor şi celei impuse de condițiile de circulație. Din punct de vedere al exploatării, motorul electric cuplat direct pe osie măreşte masa nesuspendată rezemată pe osie, fapt deosebit de dăunător din punct de vedere al efectului dinamic asupra căii.

Acționarea în grup cu biele, studiată amănunțit de constructori, comportă, peste o anumită viteză şi putere, o serie de dificultăți care nu pot fi complet înlăturate, nici cu prețul satisfacerii celor mai pretențioase deziderate privind calitatea materialelor şi precizia montajului. Din aceste motive acționarea cu biele comportă cheltuieli de întreținere sporite, precum şi un procent sporit al parcului, datorită imobilizărilor în reparații şi astfel scade rentabilitatea exploatării acestor vehicule.

4.2. Acționarea individuală cu motor electric semisuspendat

Această construcție este întâlnită atât la locomotivele diesel-electrice cât şi la cele electrice. La automotoare , dar mai ales la tramvaie s-a utilizat aproape în exclusivitate această construcție, motiv pentru care a mai fost denumită şi acționare **tip tramvai**.

Variantele constructive ale acționării individuale cu motor electric semisuspendat sunt prezentate în figura 4.2

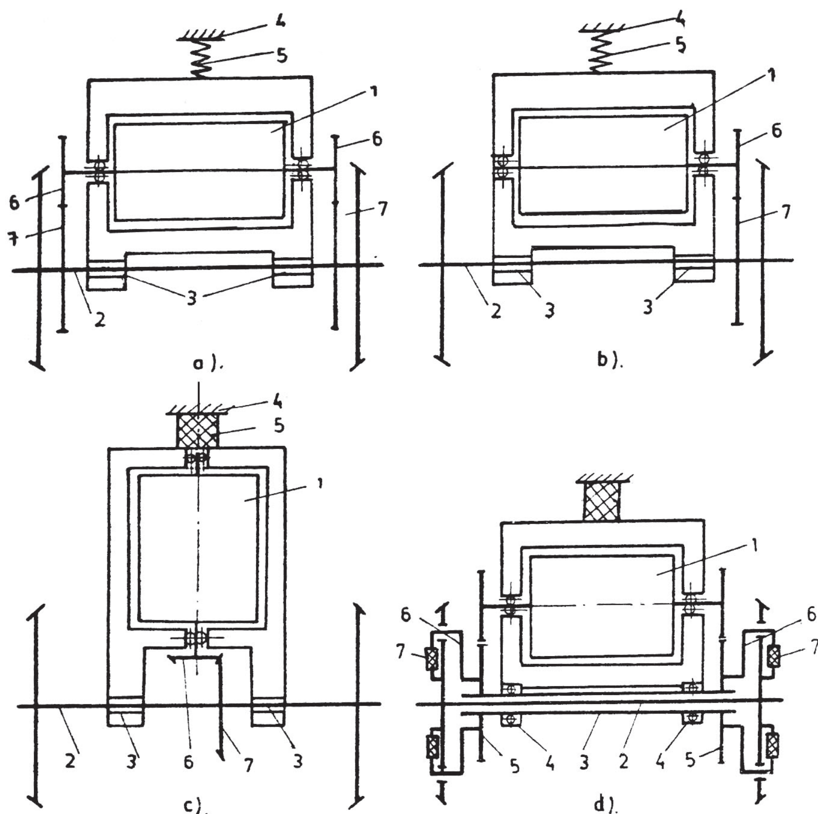


Fig. 4.2

Motorul electric 1 este plasat la nivelul osiilor, cu axa arborelui său fie paralelă cu axa osiei, fie perpendiculară pe aceasta.

La majoritatea construcțiilor, motorul se sprijină pe osia 2 prin lagărele 3 şi

în partea opusă pe rama boghiului 4 prin intermediul suspensiei 5 (figura 4.2 a, b şi c). Prin urmare, o parte a motorului se sprijină pe un element nesuspendat al boghiului (osia), iar cealaltă parte pe cadrul boghiului care este suspendat, la rândul lui, pe arcuri. Din această cauză se spune că motorul de tracțiune este semisuspendat.

Principala particularitate a acestei acționări constă în faptul că distanța dintre axa arborelui motorului şi a osiei montate este menținută permanent constantă datorită lagărelor 3 ale motorului de pe osie. Acest lucru permite legarea arborelui motorului cu osia montată prin intermediul pinionului 6 fixat pe arborele motorului şi roata dințată 7 calată pe osie. Cele două roți dințate (care formează reductorul) sunt închise într-o carcasă comună. Carcasa angrenajului, în afara protecției, asigură şi lubrifierea, fiind umplută cu ulei până la un anumit nivel. Roata dințată mare a angrenajului, prin barbotare, asigură ungerea necesară.

Lagărele 3 ale motorului de pe osie sunt, de regulă, lagăre de alunecare. Dacă se utilizează lagăre de rostogolire atunci nişte organe speciale, de exemplu inel colector şi perie, asigură trecerea la şine a curentului electric prin osia montată cu ocolirea rulmenților. La aceste construcții rotorul se scoate în direcția axială din stator după demontarea unuia din scuturi.

Dorința de a păstra avantajele simplității motorului semisuspendat a condus la efectuarea unor cercetări laborioase de perfecționare a acestui sistem de reazem a motorului de tracțiune şi de transmitere a cuplului motor la osie. În figura 4.2 d se prezintă schema unei variante elaborată de firma Siemens.

Motorul de tracțiune 1 se sprijină nu pe osia 2 ci pe arborele tubular 3 care cuprinde osia. Rezemarea motorului pe arborele tubular se face prin intermediul rulmenților 4. Roțile dințate 5 se montează pe arborele tubular şi prin brațele 6 fac legătura cu roțile de rulare prin intermediul elementelor elastice 7. Aceste brațe pătrund în orificiile prevăzute special în roțile de rulare. Elementele elastice 7 sunt confecționate din blocuri de cauciuc.

Un avantaj important al acestei construcții constă în faptul că elementele elastice 7 asigură şi posibilitatea rotirii relative a coroanei dințate față de roata de rulare, adică o transmitere elastică (fără şocuri) a cuplului.

Transmiterea cuplului de la roata dințată la roțile de rulare se poate face şi printr-un sistem articulat care permite mişcarea relativă între motor (rama boghiului) şi osia montată.

4.2.1. Limitarea dimensiunilor motorului de tracțiune şi ale reductorului

Arborele motorului electric semisuspendat fiind situat aproximativ la înălțimea osiei montate, dimensiunea axială a motorului este determinată de distanța dintre roți, deci indirect de ecartament, iar dimensiunile transversale ale motorului şi turația acestuia, în cazul unui angrenaj cu o singură treaptă, sunt determinate

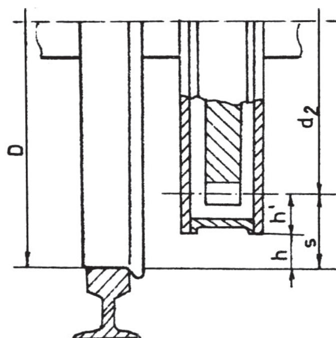


Fig. 4.3

de diametrul roții vehiculului. Întrucât, din distanța dintre lonjeroane trebuie scăzută dimensiunea axială a carcasei angrenajului, rezultă că spațiul disponibil pentru aceste motoare este mult mai redus decât la motoarele axiale cu acționare directă. Turația mai ridicată compensează într-o oarecare măsură acest dezavantaj, însă înlăturarea unei limite superioare a puterii motoarelor de tracțiune semisuspendate nu poate fi înlăturată.

Limitarea valorii maxime a turației motorului electric este determinată de limita raportului de transmitere al reductorului şi de viteza de mers a trenului.

Pentru a putea utiliza motoare de tracțiune de turație ridicată este necesar ca pe osia montată să se caleze o roată dințată cu diametrul cât mai mare, iar pe arborele motorului, un pinion cu diametrul cât mai mic. Diametrul roții dințate mari este însă limitat la o anumită valoare impusă de gabaritul feroviar, după care, între muchia inferioară a carcasei angrenajului şi planul de rulare a căii trebuie să existe un spațiu liber h ($h \geq 100$mm, figura 4.3). De asemenea între partea interioară a carcasei angrenajului şi diametrul de rostogolire d_2 a roții dințate conduse trebuie să existe o distanță h'. Rezultă că diametrul de rostogolire d_2 trebuie să fie mai mic decât diametrul cercului de rulare D a roții, adică:

$$d_2 \leq D - 2(h + h') = D - 2s \tag{4.1}$$

în care: $s = h + h'$.

Diametrul minim al cercului de rostogolire al pinionului este în schimb limitat, în afară de geometria danturii, şi de condițiile de rezistență ale grosimii butucului acestuia. Raportul dintre diametrul maxim posibil d_2 al roții dințate mari, limitat de diametrul roții D şi diametrul minim posibil d_1 al pinionului, limitat de condițiile de rezistență, dă valoarea maximă a raportului de transmitere $i_{max} = \omega_m/\omega_0 = d_2/d_1$ ce se poate realiza, iar acest lucru, la o anumită dimensiune a roții vehiculului, determină o relație univocă între turația minimă a motorului şi viteza maximă a vehiculului.

Astfel, dacă se notează cu v [m/s] – viteza vehiculului, cu ω_0 [rad/s] – viteza unghiulară a osiei, cu ω_m [rad/s] – viteza unghiulară a motorului electric şi cu D [m] – diametrul roții după cercul de rulare, rezultă:

$$v = \frac{D}{2} \cdot \omega_0 = \frac{D \cdot \omega_m}{2i}$$

de unde

$$\omega_m = 2\frac{v \cdot i}{D}. \tag{4.2}$$

În cazul unui angrenaj cu o singură treaptă, până la vitezele uzuale în exploatare feroviară, nu rezultă o turaţie superioară aceleia care se poate admite ca turaţie maximă pentru motoarele de curent continuu, la valorile uzuale ale diametrului cercului de rulare.

Greutatea specifică (daN/kW) a motorului este cu atât mai mică cu cât turaţia lui este mai mare, la viteza maximă v_{max} a vehiculului. Deci raportul:

$$\frac{v_{max}}{\omega_{m.max}} = \frac{D}{2i}, \tag{4.3}$$

trebuie să aibă o valoare minimă, de unde rezultă că pentru utilizarea economică a motorului, raportul de transmitere **i** trebuie să aibă valoarea maximă. Deoarece $i = d_2/d_1$, atunci relaţia (4.3), luând în considerare relaţia (4.1), se mai poate scrie:

$$\frac{v_{max}}{\omega_{m.max}} = \frac{d_1}{2\left(1 - \frac{2s}{D}\right)}, \tag{4.4}$$

de unde rezultă că utilizarea economică a motorului se îmbunătăţeşte odată cu micşorarea diametrului de rostogolire al pinionului şi, într-o măsură mult mai mică, cu mărirea diametrului roţii vehiculului. Cea de-a doua cale este însă aplicabilă numai la locomotive, deoarece la automotoare şi la vagoanele motoare urbane şi suburbane, în vederea uşurării şi accelerării accesului călătorilor, în general se tinde la realizarea unei pardoseli cât mai coborâte, ceea ce este posibil numai la utilizarea unor osii montate care au roţi de diametru relativ mic.

Raportul maxim de transmitere i_{max} determină şi diametrul maxim D_m al motorului electric, care se poate utiliza, întrucât distanţa **t** dintre axele roţilor dinţate (figura 4.4) este maximă în cazul în care, pe lângă pinionul minim posibil, raportul de transmitere i este maxim. Astfel:

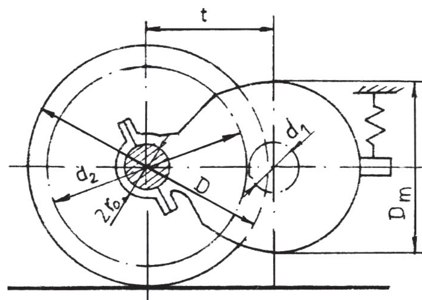


Fig. 4.4

$$D_m < 2(t - r_0) \tag{4.5}$$

în care r_0 este raza osiei montate.

Considerând că $2r_0 \approx d_1$, rezultă:

$$D_m < 2t - d_1 = d_2 \tag{4.6}$$

adică, diametrul motorului electric trebuie să fie mai mic decât diametrul maxim posibil al roţii dinţate mari.

Dacă constructorul, menţinând roata dinţată cu diametrul maxim posibil, măreşte diametrul cercului de divizare al pinionului, atunci creşte şi distanţa dintre axe, iar motorul poate fi confecţionat (ales) cu un diametru mai mare. În urma acestui fapt poate să crească cuplul motorului, dar puterea lui scade, în sensul relaţiei (4.4), deoarece dacă d_1 creşte, turaţia ω_m trebuie să scadă, deci valoarea raportului $v_{max}/\ \omega_m$ creşte.

Aceste corelaţii sunt desigur perfect valabile şi în sens invers, adică pornindu-se de la un diametru al motorului, se determină valoarea minimă corespunzătoare a diametrului roţii. Această valoare se obţine, evident, dacă se reduce la minim diametrul roţii dinţate mari, ceea ce se traduce în a delimita distanţa **t** la valoarea minimă determinată de diametrul motorului. Astfel:

$$D \geq 2(t - \frac{d_1}{2} + \frac{s}{2}) = d_2 + s \cdot \qquad (4.7)$$

După cum rezultă, puterea necesară a motorului, din punct de vedere al exploatării, determină totodată şi diametrul roţii vehiculului. O roată mai mică nu se poate utiliza, deoarece în spaţiul disponibil nu se mai poate amplasa motorul de puterea respectivă. O roată mai mare, pe de altă parte, nu-şi are rostul.Fiecărui diametru de roată îi corespunde, aşadar, un motor de o anumită putere şi invers.

Micşorarea diametrului roţii vehiculului, fapt care reprezintă un interes deosebit în cazul vehiculelor urbane şi suburbane, mai influenţează dimensiunile şi amplasamentul motoarelor semisuspendate şi din alte motive.

Punctul inferior al carcasei angrenajului trebuie să fie situat, după cum s-a arătat, cu cel puţin 100mm deasupra planului de rulare a căii. Cota minimă admisă a punctului inferior al carcasei motorului, faţă de acelaşi plan, este de 150mm. Acest lucru, din punctul de vedere al gabaritului, nu întâmpină nici o dificultate, deoarece muchia superioară a carcasei motorului se poate plasa fără restricţii, la nivelul extremităţii superioare a diametrului roţii motoare. Amplasarea mai ridicată a arborelui motor atrage după sine, din motive constructive, o uşoară mărire a distanţei **t**, ceea ce aşa cum s-a arătat mai înainte, nu este de dorit, deoarece, la anumite valori date ale diametrului roţii motoare şi ale roţii dinţate mari, acest lucru duce la o micşorare a diametrului maxim admisibil al motorului de tracţiune. Evident, dacă **t** creşte, în timp ce $\mathbf{d_2}$ = const., devine obligatorie mărirea diametrului $\mathbf{d_1}$, deci $\mathbf{i = d_2/d_1}$ se micşorează. Ca urmare, pentru a nu se micşora viteza de circulaţie a vehiculului, trebuie să se sporească turaţia motorului, ceea ce atrage după sine necesitatea de a se micşora diametrul rotorului pentru a nu se depăşi vitezele periferice admise.

4.2.2. Realizări constructive ale acționării cu motor electric semisuspendat

Motoarele semisuspendate prezintă anumite particularități dinamice importante, atât din punctul de vedere al angrenajului cât şi din cel al căii. Aceste particularități provin din faptul că partea nesuspendată din masa motorului, adică masa care este suspendată nearcuit pe osia motoare, dă naştere, sub acțiunea şocurilor verticale, provenite din neregularitățile căii, unor forțe de inerție, comparabile, ca ordin de mărime, cu sarcinile statice.

Pentru micşorarea forțelor dinamice, care produc solicitări suplimentare în dinți şi a forței care acționează asupra structurii căii, precum şi pentru a se elimina efectul de patinare, se utilizează roți dințate elastice a căror coroană este legată de butuc prin intermediul unor elemente elastice.

Funcționarea angrenajului dințat mai este influențată de poziția înclinată a roții dințate față de pinion la încovoierea osiei montate şi de uzura lagărelor de pe osia care provoacă o angrenare incorectă între cele două roți dințate.

Aceste condiții de funcționare impun o alegere deosebit de atentă a soluției constructive şi a materialului pentru roțile dințate, un calcul corect făcut, prelucrări mecanice speciale şi tratamente termice îngrijite.

În ceea ce priveşte forma constructivă a roților dințate elastice, aproape fiecare uzină are varianta sa proprie. În majoritatea cazurilor, roata dințată este prevăzută cu elemente elastice şi numai în cazul unui raport de transmitere mic, când şi pinionul are dimensiuni suficient de mari care să permită montarea elementelor elastice, acesta se face elastic.

Roțile dințate elastice se confecționează cu coroana dințată demontabilă, care poate fi formată din una sau două bucăți.

La înlocuirea unei coroane confecționată dintr-o singură bucată trebuie depresată roata de pe osie.

Coroana din două bucăți se confecționează cu dinți drepți pentru evitarea secționării dinților. Această construcție permite o înlocuire uşoară a coroanei în caz de defectare, însă are dezavantajul, că în cazul unei solicitări mari este greu să se mențină pasul danturii neschimbat la planul de separație dintre cele două bucăți, observându-se dese ruperi de dinți lângă acest plan. De altfel roțile dințate cu coroane confecționate din două bucăți nu s-au utilizat decât la puteri mici.

În principiu, la roțile arcuite, coroana dințată este plasată într-un ghidaj circular, iar între coroană şi butucul roții sau între coroană şi obada ce uneşte spițele, se intercalează elemente elastice, care permit transmiterea elastică a cuplului. Ca elemente elastice se utilizează arcuri în foi, arcuri elicoidale sau arcuri de cauciuc.

Arcurile elicoidale, având o capacitate de amortizare redusă, sunt predispuse la oscilații, fapt care este dezavantajos în special în cazul motoarelor serie

monofazate cu colector, datorită cuplului lor pulsator. Din acest motiv construcţiile cu arcuri elicoidale sunt, de regulă, completate cu dispozitive lamelare de frecare, pentru amortizarea oscilaţiilor. În ultimul timp, arcurile elicoidale au fost înlocuite, la multe construcţii, cu arcuri din cauciuc, care pe lângă o bună elasticitate au şi capacitate de amortizare.

În figura 4.5 este dată roata dinţată elastică montată pe osiile locomotivelor diesel 060-DA. Ea se compune dintr-o coroană dinţată 1 demontabilă, confecţionată dintr-o singură bucată, corpul roţii 2 (butucul), elementele elastice 3, inelele de ghidare 4 care fiind fixate pe corpul roţii cu şuruburile 5, împiedică ieşirea elementelor elastice. Ca elemente elastice se utilizează şase pachete compuse din foi de arc.

Suspensia elastică a motorului este în marea majoritate a cazurilor realizată cu arcuri elicoidale. Când un astfel de arc este comprimat la refuz rezultă forţe

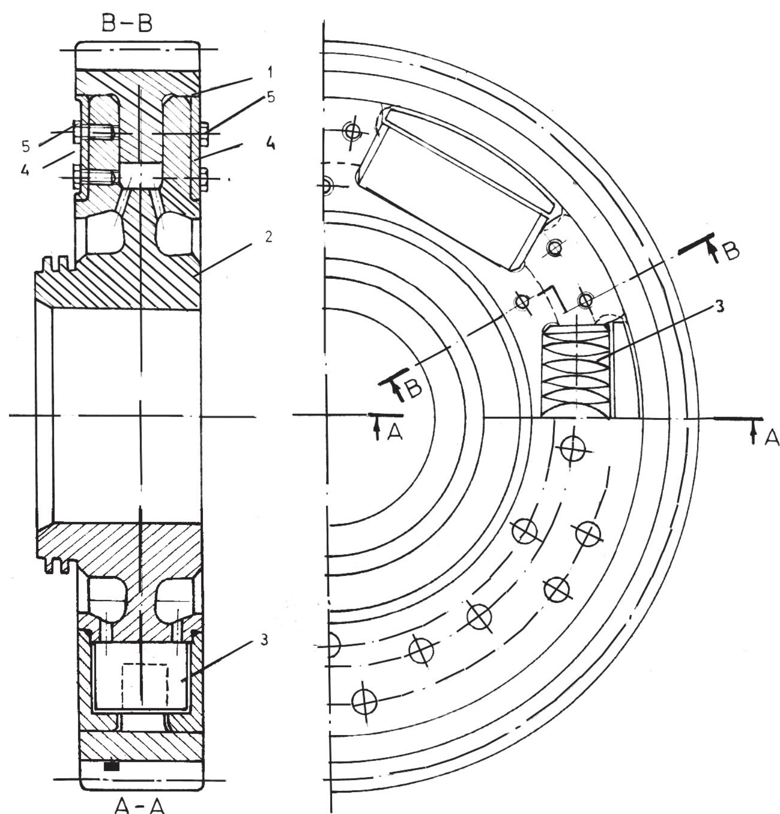


Fig. 4.5

de şoc considerabile. În multe cazuri, aceste forțe pot provoca distrugerea imediată a unor părți ale motorului sau un decalaj al pinionului. Chiar dacă şocurile nu sunt suficient de mari pentru a provoca distrugeri, energia şocului de repercutează asupra tuturor părților componente ale motorului şi pot avea ca urmare o scădere a duratei sale de funcționare. Comprimarea la limită a arcurilor poate să apară atunci când motorul şi sistemul lui de arcuri au fost supuse timp îndelungat la sarcini alternative. Această situație poate fi provocată de oscilațiile de tip "stick-slip" (prinde-scapă) ale roților. Când roata patinează şi are aderență în mod alternativ, solicitările arcurilor suspensiei motorului, se produc alternativ pe verticală. Dacă frecvența acestor oscilații este egală sau apropiată de frecvența de rezonanță a sistemului, amplitudinea oscilațiilor creşte, până când, în cele din urmă arcurile se comprimă total, cu un şoc puternic. Uneori fenomenul poate fi atât de puternic, încât toată locomotiva vibrează.

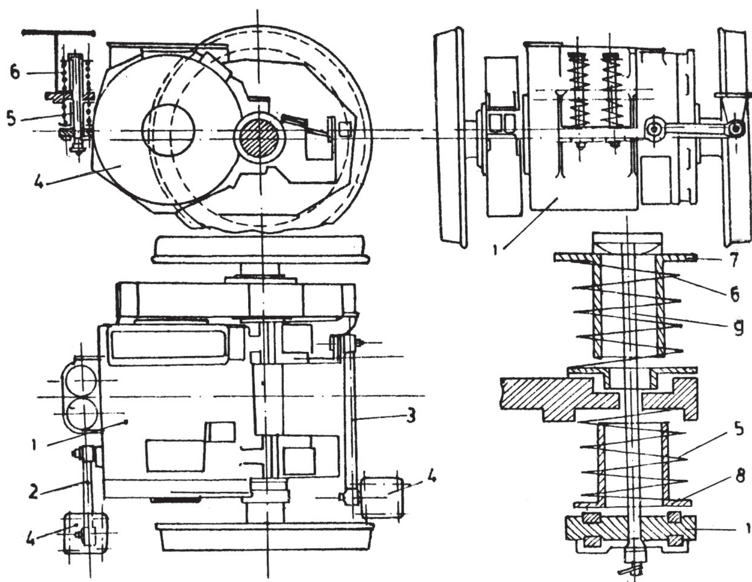


Fig. 4.6

În figura 4.6 se arată acționarea cu motor electric semisuspendat, cu transmisie unilaterală, folosită la locomotivele diesel-electrice 060-DA fabricate la noi în țară. Deplasarea motorului electric 1 în lungul axei osiei este împiedecată de bielele 2 şi 3 care leagă motorul de rama boghiului 4. Suspensia motorului 1 pe rama 4 a boghiului este compusă din arcurile elicoidale 5 şi 6, talerele 7 şi 8 şi tija 9.

4.3. Acționarea individuală cu motor electric suspendat

Acționările cu motoare electrice semisuspendate având o aplicabilitate limitată, în special la vehiculele de putere mare şi viteză ridicată, s-a trecut la suspendarea totală a motorului electric. Prin aceasta s-a urmărit, pe de-o parte, protejarea motorului de efectele şocurilor date de cale şi evitarea efectului maselor nesuspendate asupra căii, iar pe de altă parte posibilitatea amplasării motorului astfel încât dimensiunile sale constructive să nu fie limitate în măsură aşa de mare ca la motorul semisuspendat, de spațiul disponibil redus în poziția joasă dintre lonjeroane.

Reductorul de turație limitează dimensiunile motorului suspendat ca şi în cazul motorului semisuspendat, însă centrul de greutate al construcției suspendate este mai ridicat, iar accesul la motor este îmbunătățit.

Motorul electric, fiind complet suspendat (fixat pe rama boghiului), nu poate fi legat direct prin transmisia dințată de osia montată, deoarece între osie şi motor există deplasări verticale relative la trecerea roților vehiculului peste neregularitățile căii. Din această cauză legătura motorului cu osia montată se realizează astfel:

– cu ajutorul unui arbore cardanic sau a unui arbore de torsiune şi a elementelor elastice;

– cu ajutorul arborelui tubular şi a elementelor elastice sau a unui mecanism articulat.

În primul caz elementele elastice (sau mecanismul articulat) care preiau deplasările relative dintre masele nesuspendate şi cele suspendate pe arcuri se plasează între motorul electric de tracțiune şi reductor, iar în al doilea caz aceste elemente se montează între roata dințată mare şi osia motoare.

Reductorul de turație, în cazul acționării cu arbore de torsiune (sau cardanic), este nesuspendat, având roata dințată mare calată pe osie.

În al doilea caz, reductorul este complet suspendat, fiind fixat pe arborele tubular.

4.3.1. Acționarea cu motor electric suspendat şi reductor nesuspendat

Motorul electric 1 se fixează pe rama boghiului 2 şi se leagă cu reductorul 3 prin intermediul unui arbore de torsiune 4 care trece prin arborele motorului electric (ce trebuie să fie în acest caz tubular), figura 4.7. Motorul electric este amplasat astfel încât arborele său să fie paralel cu osia. Această soluție nu micşorează dimensiunea axială a motorului electric, față de aceeaşi dimensiune a motorului semisuspendat, în schimb arborele de torsiune, având articulațiile 6 situate pe cele două capete ale arborelui tubular al motorului electric, are o

lungime mai mare şi deci este mai elastic.

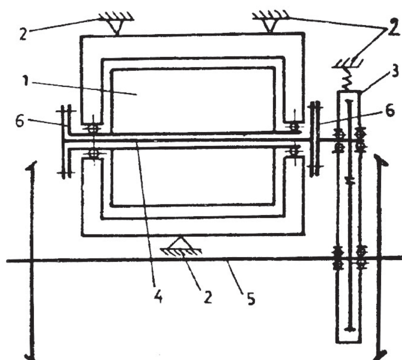


Fig. 4.7

Cuplajele elastice 6 preiau deplasările relative dintre motorul de tracţiune (fixat pe rama boghiului) şi reductor (montat pe osia montată). Carcasa reductorului se sprijină pe osie (prin lagărele cu rulmenţi), fiind legată şi de rama boghiului.

Soluţia cu arbore de torsiune, în diferite variante ale cuplajelor elastice, a primit o largă utilizare la locomo-tivele de putere mare şi viteze ridicate. Principalul avantaj al ei constă în reducerea considerabilă a forţelor de interacţiune cale-motor.

Acţionarea cu motor electric complet suspendat şi arbore de torsiune se aplică la locomotivele electrice CFR 060-EA, construite la Întreprinderea Electroputere Craiova (figura 4.8).

Arborele de torsiune 1 se leagă cu arborele motorului electric printr-un cuplaj dinţat 2 şi 3. Coroana dinţată 3 este fixată de rotorul motorului electric 4, iar

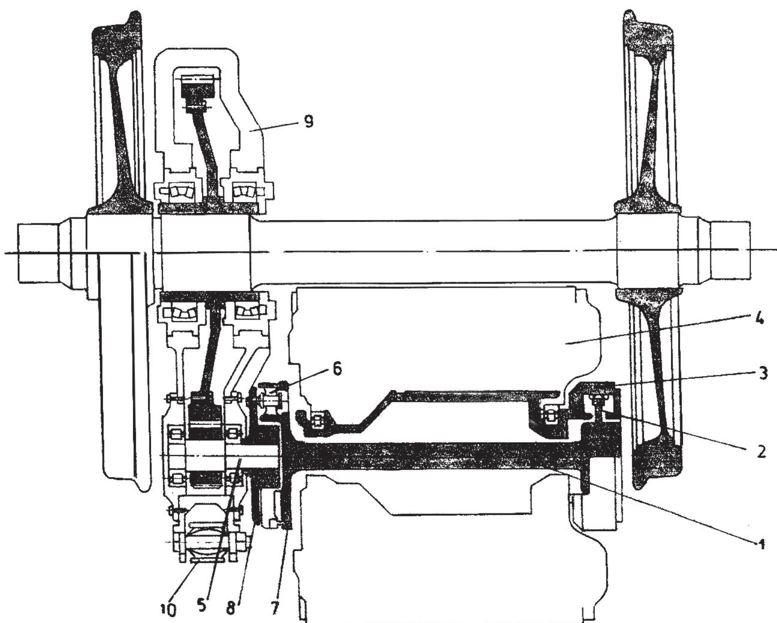


Fig. 4.8

pinionul 2 al cuplajului este fixat de arborele de torsiune. Cuplajul elastic 6, format din opt blocuri de cauciuc, face legătura arborelui de torsiune, prin flanşele 7 şi butucul 8, cu arborele 5 al pinionului reductorului. Carcasa 9 a reductorului se reazemă pe osie prin intermediul rulmenților şi este articulată prin biela 10 de rama boghiului.

Deplasările care apar între motorul electric şi reductorul rezemat pe osie, datorită arcuirii boghiului, sunt preluate de cuplajul dințat şi de cuplajul elastic. Cuplajul dințat permite deplasări unghiulare şi axiale, iar cuplajul elastic permite deplasări unghiulare. Cuplajul din cauciuc, împreună cu elasticitatea proprie a arborelui de torsiune, amortizează vibrațiile şi pulsațiile cuplului motor.

Schema de funcționare a acestei acționări este dată în figura 4.9, în care OO este axa osiei motoare; AB – linia mijlocie a reductorului (perpendiculară pe axa osiei deoarece roata dințată mare este calată pe osie); C_1D_1 – linia mijlocie a jumătății cuplajului elastic dinspre partea reductorului.

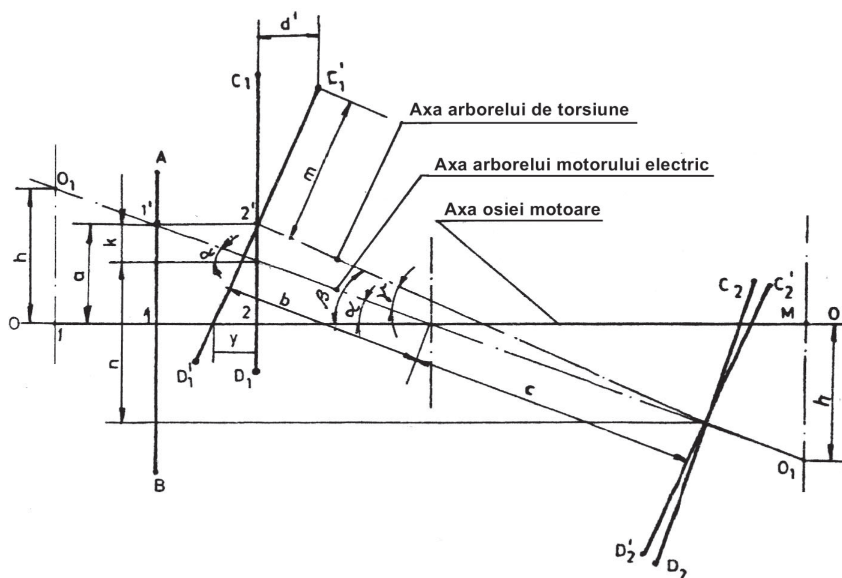


Fig. 4.9

La înclinarea părții suspendate pe arcuri axa OO a motorului se înclină cu acelaşi unghi α ca partea suspendată, ocupând poziția O_1O_1.

Deoarece pe arborele pinionului reductorului se află fixată rigid jumătatea acționată 8 a cuplajului (figura 4.8). arborele pinion va ocupa poziția 1'2', jumătatea 8 a cuplajului – poziția C_1D_1, iar cealaltă jumătate 7 a cuplajului – poziția $C'_1D'_1$. Centrul cuplajului se deplasează deci în punctul 2' (figura 4.9), iar arborele de torsiune ocupă o poziție determinată de unghiul β (suma

unghiurilor α şi γ). Axa arborelui motorului de tracțiune, în raport cu poziția arborelui de torsiune, este determinată de poziția unghiului γ, iar deplasările în elementele elastice sunt determinate de mărimile $C_1C'_1$, $C_2C'_2$ şi $D_2D'_2$.

Unghiul de înclinare a construcției suspendate (deci a axei motorului electric) este (figura 4.9):

$$tg\alpha = \frac{h}{L/2} = \frac{2h}{L} \tag{4.8}$$

în care h este deplasarea verticală a ramei boghiului măsurată în planul vertical al cutiilor de osie (deplasarea arcurilor măsurată deasupra cutiilor de osie); L – distanța între mijlocul cutiilor de osie ale unei osii.

Deoarece linia de suspensie a carcasei trece prin centrul arborelui pinionului şi este perpendiculară pe dreapta care uneşte centrele axelor roții dințate mari şi a pinionului, atunci deplasarea pinionului este egală cu deplasarea părții suspendate pe arcuri:

$$a = k + b \cdot \sin\alpha \tag{4.9}$$

Deplasarea axei motorului de tracțiune față de axa arborelui de torsiune este:

$$k = l \cdot tg\alpha \tag{4.10}$$

Înclinarea axei arborelui de torsiune față de axa osiei motoare este:

$$\sin\beta = (n + k) / (b + c)$$

Dar: $n = (b + c) \cdot \sin\alpha$

Deci:

$$\sin\beta = \sin\alpha + \frac{l}{b+c} \cdot tg\alpha \tag{4.11}$$

Deplasarea în punctul superior al elementelor mobile în lungul osiei, este:

$$d = m \cdot \sin\beta + y$$

$$y = a \cdot tg\beta$$

deci:

$$d = m \cdot \sin\beta + a \cdot tg\beta$$
(4.12)

Unghiul de rotire al arborelui de torsiune față de axa motorului electric este:

$$\gamma = \beta - \alpha \tag{4.13}$$

Deplasarea totală în lungul axei osiei motoare este:

$$\sum\Delta = \pm(d + \frac{\varepsilon}{2}) \tag{4.14}$$

în care ε este deplasarea transversală a osiei montate.

Datorită valorilor mici ale unghiului de rotire a arborelui de torsiune față de axa motorului (circa 1^{O}... 2^{O}), se pot utiliza şi alte variante ale cuplelor elastice.

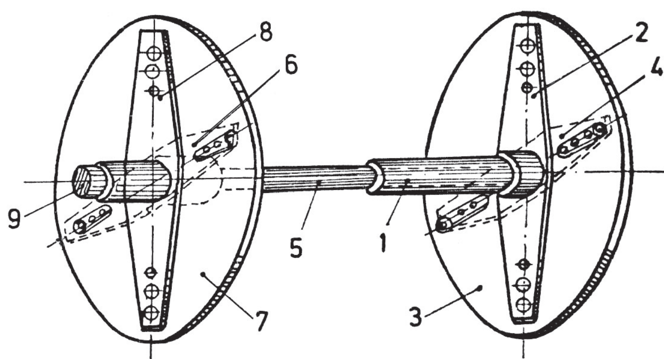


Fig. 4.10

Uzinele Brown-Boveri au elaborat un mecanism de acționate la unele locomotive electrice de 4000CP. Particularitatea caracteristică a acestui mecanism constă în utilizarea unor discuri din oțel (figura 4.10) în locul cuplajului dințat sau a articulațiilor cardanice, eliminându-se în felul acesta operațiile de întreținere (ungere, înlocuiri de piese uzate etc.) pe care le comportă aceste cuplaje. Arborele tubular al motorului electric 1, transmite cuplul prin intermediul eclisei 2 şi a discului de oțel 3 la eclisa 4, decalată cu 90^{O} față de eclisa 2 şi de aici la arborele de torsiune 5. La celălalt capăt al său, arborele de torsiune transmite cuplul, prin intermediul eclisei 6, discului de oțel 7 pe a cărui față exterioară este fixată eclisa 8, şi de aici la arborele 9 al cărui pinion se angrenează cu roata dințată de pe osia motoare. Având în vedere că motorul este fixat pe rama boghiului, iar roata dințată pe osia motoare, deplasările relative dintre ele sunt asigurate de deformațiile elastice ale discurilor de oțel. Este o construcție simplă, uşoară, ocupă un spațiu relativ redus şi nu necesită lucrări speciale de întreținere deoarece este lipsită de organe de uzură. Cu toate acestea legătura elastică, realizată prin discuri produce tensiuni de valori ridicate în acestea şi de aceea uzinele Sécheron au înlocuit discul cu pachete din lamele elastice (figura 4.11).

Din punctul de vedere al transmiterii cuplului, lamelele sunt rigide dar preiau elastic deplasările relative dintre motorul electric (fixat pe rama boghiului) şi osia motoare, atât în sens axial cât şi radial, lamelele fiind solicitate la încovoiere (figura 4.11b). Față de acționarea cu discuri de oțel, descrisă anterior, prezintă avantajele următoare: calculul solicitărilor se face cu mai multă certitudine datorită formei simple a lamelelor, asigurării unei omogenități mai bune a lamelelor şi este mai puțin costisitoare.

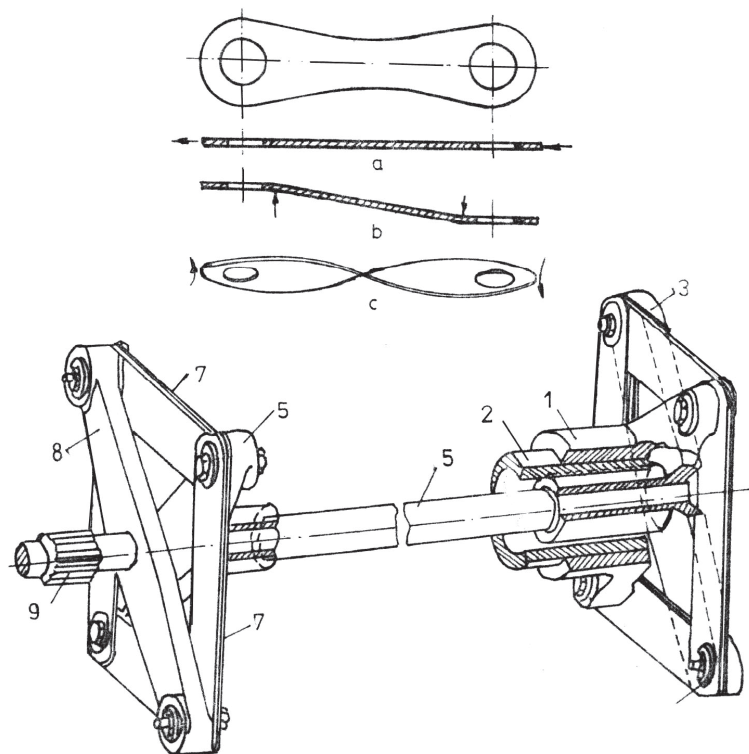


Fig. 4.11

4.3.2. Acționarea cu motor electric suspendat şi reductor suspendat

Schema principială a acestei acționări este prezentată în figura 4.12. Motorul 1 este fixat pe rama boghiului 2, iar reductorul prin intermediul roților dințate 4 şi 5 se sprijină pe arborele tubular 6, în interiorul căruia se roteşte osia montată 7. Spre deosebire de transmisia cu motor semisuspendat lagărele axiale nu servesc drept sprijin al motorului ci al arborelui tubular, legându-l prin motor de rama boghiului. De aceea transmisia dințată împreună cu carcasa reductorului şi arborele tubular fac parte din construcția suspendată pe arcuri. Deci arborele tubular se roteşte în lagărele montate în corpul motorului şi datorită acestui lucru se asigură o distanță constantă între axele angrenajului dințat.

Transmiterea cuplului motor de la roata dințată mare , respectiv de la arborele tubular, la osia motoare, se face prin intermediul unor elemente elastice cu cuplaje 3 care preiau deplasările relative dintre osia montată şi arborele tubular. Aceste deplasări sunt posibile numai dacă între osie şi arborele tubular există jocul:

$j_0 = (d_a - d) / 2$

în care : d este diametrul osiei;

d_a – diametrul interior al arborelui tubular

Pentru a evita degradarea osiei motoare la intrarea în contact cu arborele tubular, jocul j_0 trebuie să fie mai mare decât săgeata dinamică maximă posibilă f_{dmax} a suspensiei la osie plus excentricitatea **e** dată de erorile de montaj şi de diferența între diametrele cercurile de rulare ale celor două roți ale unei osii ca urmare a uzurii neuniforme. În funcție de toleranța la diferența între diametrele cercurilor de rulare ale roților şi rigiditatea suspensiei jocul j_0 are valoarea j_0 = 30…50mm.

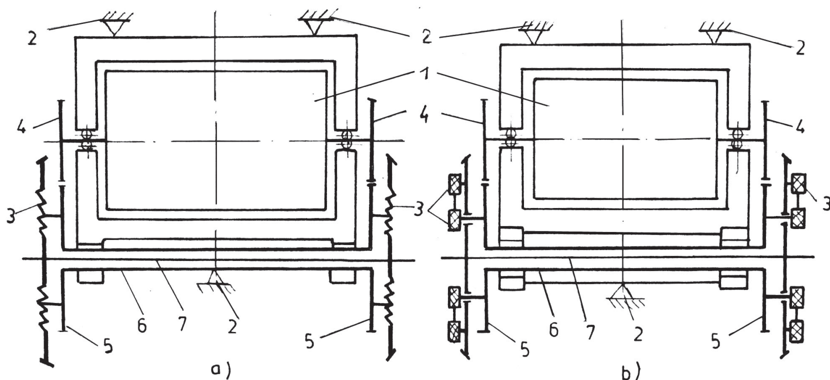


Fig. 4.12

Legătura între arborele tubular şi roțile osiei se poate face cu ajutorul cuplajelor cu bielete şi silent-blocuri sau cu ajutorul elementelor elastice.

Schema acționării cu bielete şi silent-blocuri este dată în figura 4.13 iar vederea generală în figura 4.14.

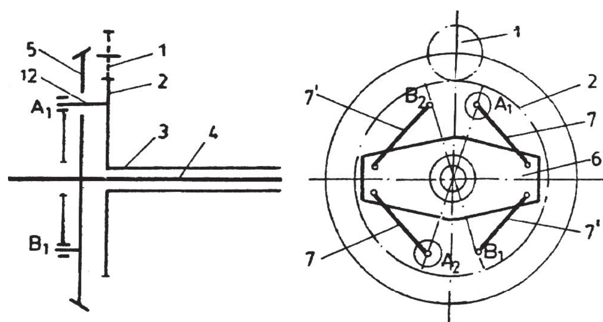


Fig. 4.13

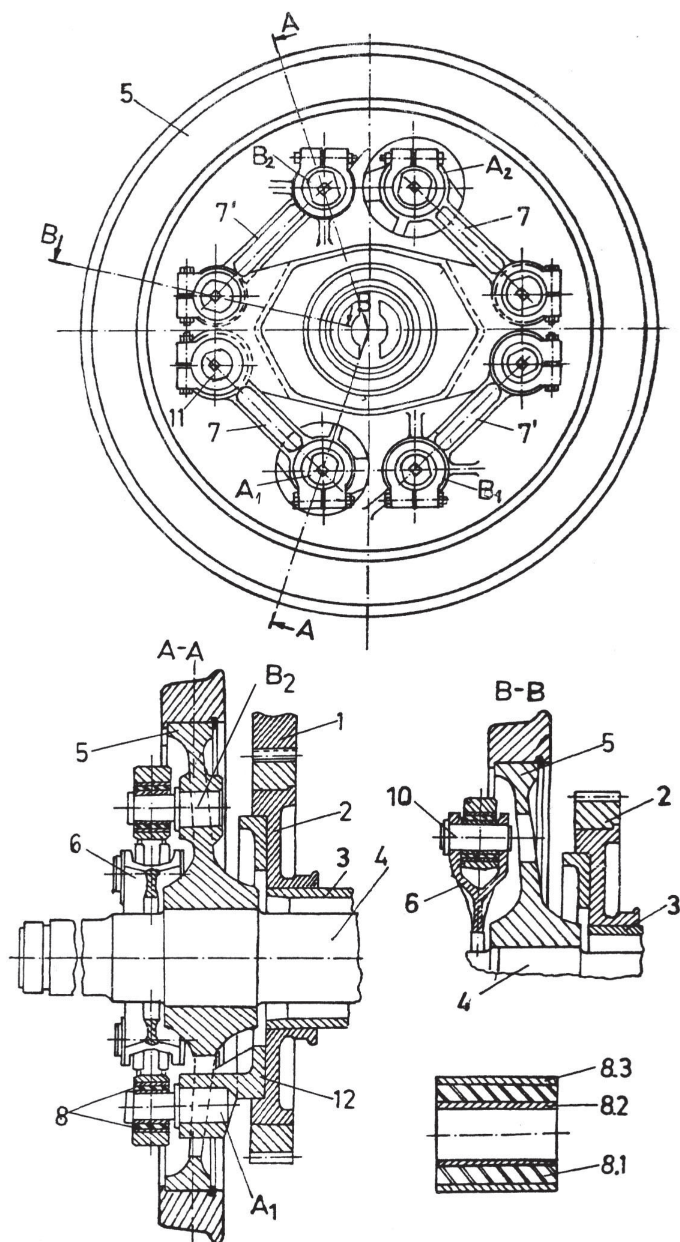


Fig. 4.14

Caracteristic pentru acest sistem este prezența inelului dansant 6 care îmbracă osia fără însă a o atinge nici la amplitudinea maximă a oscilațiilor verticale. Pinionul 1 antrenează roata dințată condusă 2 calată pe arborele tubular 3. Întreg ansamblul roată dințată-arbore tubular este susținut, prin lagărele din carcasa motorului , de rama boghiului.

Roata dințată 2 are două manetoane A_1 şi A_2, diametral opuse, care trec prin orificiile practicate în acest scop în discul roții de rulare 5. Manetoane A_1 şi A_2 se rigidizează în discul 12 fixat pe roata dințată. Roata de rulare (motoare) este de asemenea prevăzută cu două manetoane B_1 şi B_2 diametral opuse. Inelul dansant 6 are la cele două capete câte două articulații. Cele patru manetoane şi patru articulații sunt legate între ele, două câte două, prin bieletele 7 şi 7'. Toate articulațiile bieletelor sunt realizate cu silent-blocuri. Cuplul motor este transmis de la roata dințată mare prin manetoane A_1 şi A_2 şi bieletele 7 la inelul dansant 6. De la inelul dansant, prin bieletele 7' şi manetoanele B_1 şi B_2, cuplul motor se transmite la roata de rulare.

Asamblarea elastică a bieletelor cu manetoanele poate fi urmărită în figura 4.14, secțiunea A-A (maneton al roții de rulare sus şi maneton al roții dințate mari, jos). În alezajul bieletelor sunt montate silent-blocurile 8, care se compun din inelul de cauciuc 8.1, vulcanizat între două bucşe metalice 8.2 şi 8.3.

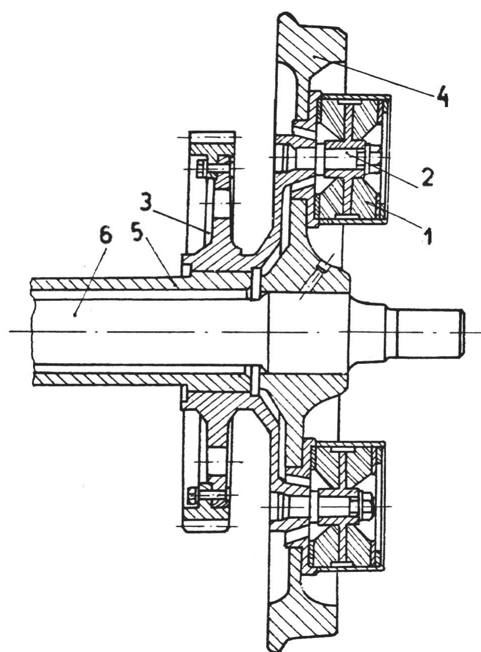


Fig. 4.15

Datorită elementelor elastice cuprinse în articulații, sistemul de acționare descris permite deplasări importante ale osiei față de arborele tubular care apar al oscilațiile locomotivei.

Legătura dintre arborele tubular şi roțile de rulare, realizată cu ajutorul elementelor elastice care înlocuiesc mecanismul cu bielete şi inel dansant, se arată în figura 4.15.

Elementele elastice din cauciuc 1 fac legătura între manetoa-

nele 2 ale roţii dinţate mari 3 şi roata de rulare 4. Arborele tubular 5, fiind susţinut de carcasa motorului electric, este complet suspendat. Elementele elastice preiau deplasările relative dintre osie şi arborele tubular (rama boghiului). Aceste elemente pot fi montate în exteriorul roţilor de rulare, cum este cazul acţionării din figura 4.15, în partea inferioară a roţilor sau în corpul roţilor.

4.4. Acţionarea în grup cu roţi dinţate

Acţionarea în grup a osiilor are unele avantaje importante, în primul rând, în ceea ce priveşte îmbunătăţirea utilizării greutăţii de aderenţă a locomotivei. S-a renunţat la acţionarea în grup prin biele datorită dezavantajelor ei, şi s-a dezvoltat cuplarea mecanică cu ajutorul roţilor dinţate.

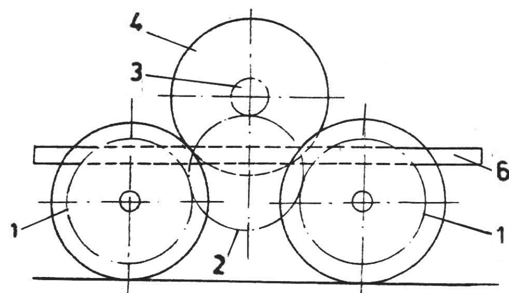
Uzinele constructoare franceze au realizat iniţial antrenarea a două osii de la un singur motor, iar apoi şi a trei osii (aşa numitele boghiuri monomotoare). Pe lângă avantajele de mai sus, la aceste acţionări greutatea specifică a motoarelor de tracţiune este mai mică decât la acţionarea individuală şi în plus este posibilă realizarea a două rapoarte de transmisie la aceeaşi locomotivă. Aceasta are o importanţă deosebită, deoarece în acest fel locomotiva devine universală, în sensul strict al cuvântului, adică ea poate fi utilizată cu maximum de eficienţă atât la trenurile rapide de călători cât şi la cele de marfă, atât pe profiluri uşoare cât şi în rampe grele.

4.4.1. Boghiul monomotor pe două osii

Soluţia constructivă schematică a acţionării în grup cu roţi dinţate pentru un boghiu cu două osii este dată în figura 4.16.

Roţile dinţate 1, sunt cuplate între ele prin roata dinţată intermediară 2. Roata dinţată 2 este antrenată de pinionul 3. Transmiterea cuplului de la motorul de tracţiune 4, montat pe boghiul 6, se face prin intermediul unei cuple elastice 7. Roţile dinţate 1 şi 2 sunt montate în carcasa 8 fixată în rama boghiului 6. Acţionarea se realizează numai cu antrenare unilaterală a osiei. Cuplul motor se transmite de la roţile dinţate 1 la roţile de rulare prin intermediul unor legături elastice 5 care preiau deplasările relative dintre construcţia suspendată pe arcuri (carcasa 8) şi osia montată.

În figura 4.17 se arată schema unui boghiu monomotor cu două osii la care însă carcasa 7 este montată înspre interiorul roţilor de rulare. Transmiterea cuplului de la roţile dinţate 1 la roţile de rulare se face prin intermediul elementelor elastice 5 şi 8 şi al arborilor tubulari 9. Ansamblul elastic format din elementele elastice 5, 8 şi arborii tubulari 9 preia deplasările relative dintre motor şi osia montată.



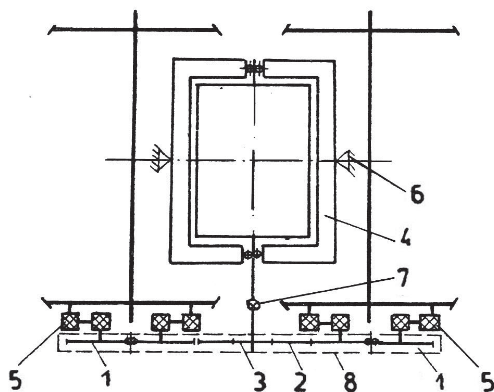


Fig. 4.16

Fig. 4.17

Acționările arătate în figurile 4.16 şi 4.17 pot realiza un singur regim de mers, adică un singur raport de transmitere.

Pentru realizarea a două rapoarte de transmitere care să asigure două regimuri de funcționare a locomotivei se utilizează boghiuri monomotoare, reprezentate schematic în figura 4.18. La aceste acționări roata dințată 2 angrenează cu pinionul 4 pentru regimul uşor de funcționare al locomotivei (viteză mare, forță de tracțiune mică), figura 4.18a, sau cu pinionul 3 pentru regimul greu de funcționare (viteză mică, forță de tracțiune mare), figura 4.18b. Axele celor două pinioane sunt montate într-o carcasă care se roteşte în jurul punctului A, în aşa fel încât, când unul din pinioane angrenează, celălalt să fie scos din angrenare.

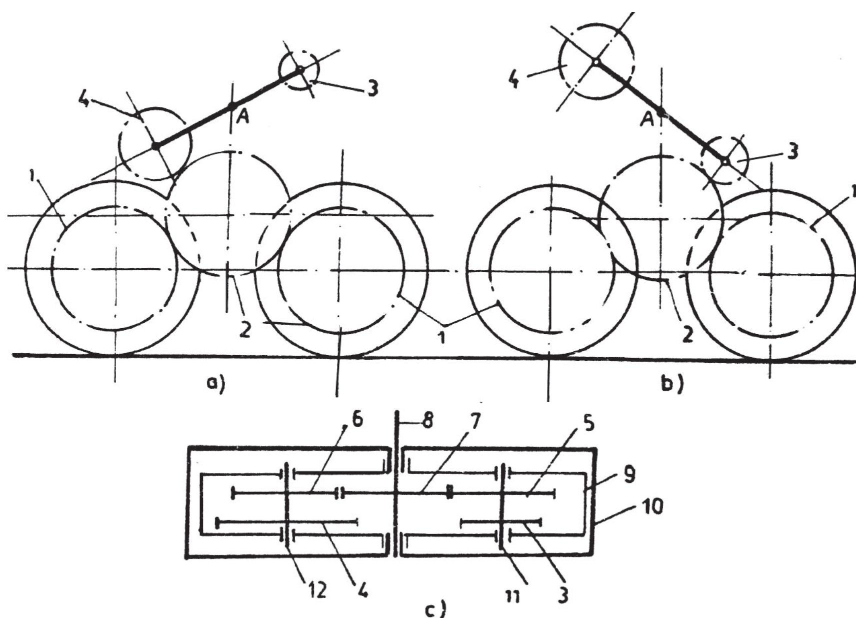


Fig. 4.18

Antrenarea pinioanelor 3 şi 4 nu se mai poate face direct de la motorul de tracțiune, deoarece ele se găsesc pe doi arbori paraleli. Modul în care se face antrenarea lor se explică în figura 4.18c. Pe arborele 11 al pinionului 3 se montează pinionul 5, iar pe arborele 12 se montează pinionul 6. Pinioanele 5 şi 6 sunt cuplate cu pinionul 7 antrenat de motorul de tracțiune. Arborii 11 şi 12 se montează într-o carcasă intermediară 9, care se poate roti în jurul axului 8 al

pinionului central, în carcasa 10 asigurându-se astfel angrenarea continuă şi corectă a pinioanelor 5 şi 6 cu pinionul central 7, indiferent dacă roata dinţată 2 (figura 4.18 a şi b) angrenează cu pinionul 3 sau 4.

4.4.2. Boghiul monomotor pe trei osii

Soluţia acţionării în grup cu roţi dinţate a fost extinsă în ultimii ani şi la boghiurile pe trei osii, atât la locomotivele electrice cât şi la cele diesel-electrice. Schema cinematică a transmisiei este prezentată în figura 4.19. Motorul de tracţiune 11 este fixat pe rama boghiului. Pinionul 7 (montat pe arborele motorului) şi pinioanele intermediare 8, 9 şi 10 sunt cuprinse într-o

Fig. 4.19

carcasă separată. Roţile dinţate 1 şi 12 sunt cuprinse într-o carcasă care este rigidizată la rama boghiului. În cele două carcase se montează cutia de viteze formată din roţile dinţate 2, 3, 4, 5, 6 şi 10, care este asemănătoare cutiei de viteze din figura 4.18.

4.5. Acţionarea în grup prin arbori cardanici

Acţionarea osiilor în grup prin arbori cardanici se utilizează la locomotivele diesel-hidraulice şi diesel-mecanice. Aceste acţionări pot fi subdivizate în două grupe.

Prima grupă se caracterizează prin aceea, că toate osiile motoare ale locomotivei sunt legate printr-un singur circuit de arbori cardanici (figura 4.20). Motorul diesel 1, antrenează transmisia 2 (hidraulică sau mecanică), de unde cuplul motor se poate transmite prin arborii cardanici 3 direct la atacurile de osie 4 (figura 4.20 a) sau prin intermediul unui reductor distribuitor 6 fixat pe rama boghiului respectiv (figura 4.20 b). Atacurile de osii sunt legate intre ele prin arborii cardanici 5.

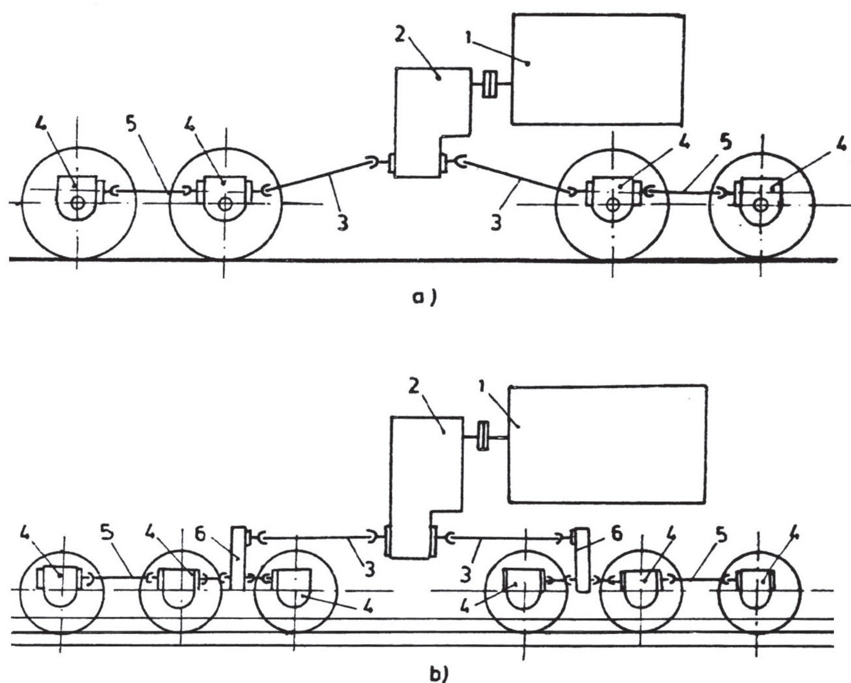


Fig. 4.20

În grupa a doua intră acele acționări la care o transmisie antrenează numai osiile motoare ale unui boghiu (figura 4.21). Deci locomotiva are două transmisii şi două motoare diesel.

Transmisia poate fi montată fie pe rama boghiului (figura 4.21 a) fie pe şasiul cutiei (figura 4.21 b şi c).

Când transmisia 2 se montează pe rama boghiului nu mai este necesar un reductor distribuitor şi se pot utiliza atacuri de osie 3 cu o singură treaptă. Greutatea nesuspendată în acest caz, se micşorează, dar creşte greutatea boghiului

cu circa 25%. De asemenea, această construcție creează condiții grele de lucru arborilor cardanici, care leagă motorul diesel de transmisie. În cazul când transmisia 2 se montează pe şasiul cutiei, acționarea osiilor unui boghiu se poate face prin intermediul unui singur reductor-distribuitor 4 (figura 4.21 b) sau cu un reductor-distribuitor 4 şi un reductor intermediar 5 (figura 4.21 c). În ultima variantă greutatea nesuspendată a boghiului se micşorează, deoarece se pot utiliza atacurile de osie 3 cu o singură treaptă.

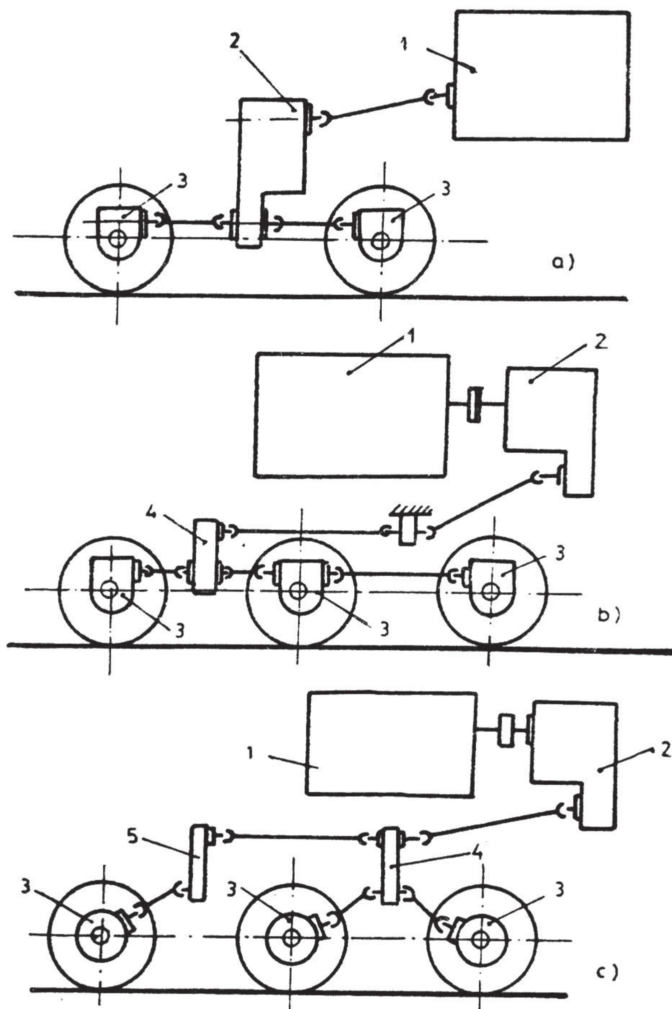


Fig. 4.21

Atacurile de osie se reazemă pe osie prin intermediul lagărelor (rulmenți) şi sunt articulate de rama boghiului prin intermediul brațului de reacțiune (figura 4.22). Brațul de reacțiune poate fi vertical (figura a) sau orizontal (figura b), prima soluție fiind des utilizată deoarece oferă soluții mai simple de articulare cu rama boghiului.

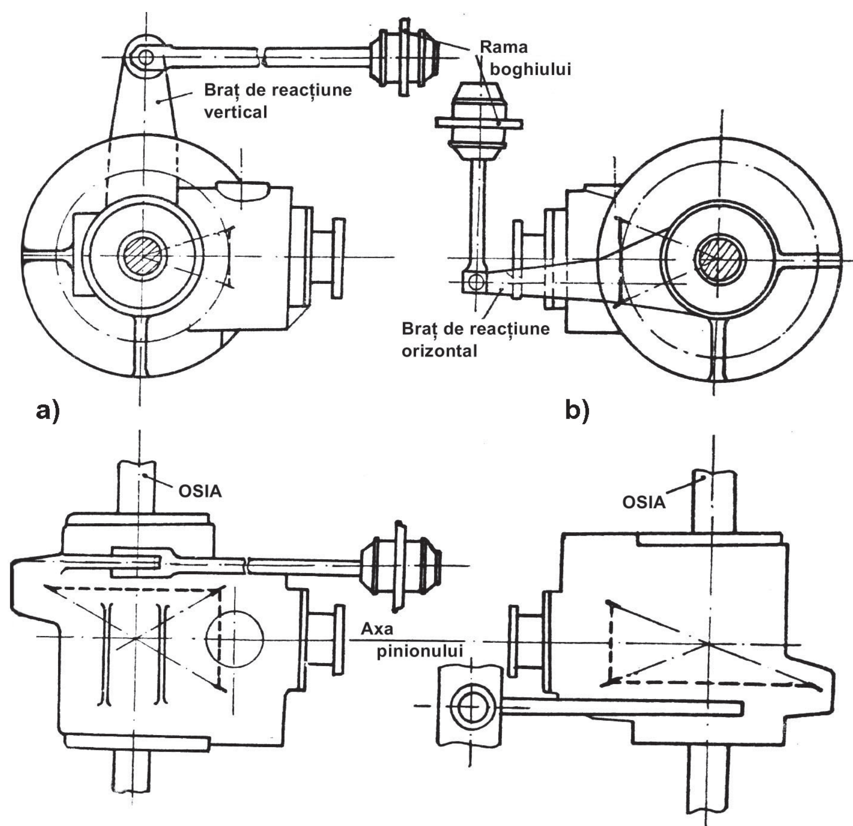


Fig. 4.22

5. CUTIILE DE OSIE

5.1. Clasificarea cutiilor de osie

Cutiile de osie, ca elemente de legătură între osia montată şi rama boghiului au rolul de a asigura comportarea normală a fusurilor de osie în timpul circulaţiei vehiculului pe cale şi de a transmite forţele verticale şi orizontale între osia montată şi rama boghiului. Realizarea constructivă a lagărului este dependentă de cum sunt dirijate forţele în lagăr şi de cum este realizată legătura cu osia şi cu rama boghiului.

Calitatea rulării vehiculului este influenţată de cutia de osie, ghidajele ei şi de suspensia vehiculului. La stabilirea variantei constructive a cutiei de osie se va avea în vedere că lagărul şi ghidajele cutiei se condiţionează şi deci la alegerea lagărului se va ţine seama de tipul constructiv al ghidajelor şi invers, astfel ca între lagărele osiei şi ghidaje să nu apară forţe de înţepenire.

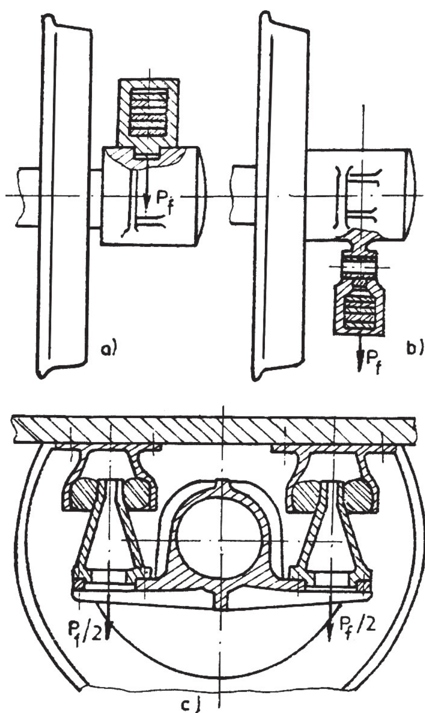


Fig. 5.1

Sarcina verticală pe fus P_f se transmite cutiei de osie printr-un reazem. Acesta se execută corespunzător cu elementul elastic de la care se transmite sarcina şi anume:

– locaşul pentru arcurile elicoidale sau pentru cepul legăturii de arc (la arcurile în foi). Acest locaş este situat pe partea superioară a cutiei de osie la majoritatea vagoanelor ci şi fără boghiuri (figura 5.1a);

– locaşul pentru balansier sau pentru arcul în foi, situat pe partea inferioară a cutiei de osie (figura 5.1b);

– locaşurile pentru arcurile elicoidale (sau din cauciuc) situate pe părţile laterale ale cutiei de osie (figura 5.1c).

Reazemul situat deasupra axei de rotaţiei a osiei trebuie astfel executat încât să asigure transmiterea sarcinii pe verticala care trece prin centrul fusului, întrucât

aceste cutii de osie se găsesc într-un echilibru instabil. În caz contrar cutia de osie se va înclina, ceea ce conduce la o uzură prematură şi neuniformă a fusului, a lagărului şi a ghidajelor cutiei de osie.

Aceste neajunsuri sunt eliminate la cutiile de osie la care reazemele care preiau sarcinile verticale sunt situate sub nivelul axei de rotație a osiei (figura 5.1b şi c).

La vehiculele feroviare se utilizează cutii de osie de construcție foarte variată, dar care, în funcție de felul frecării, se împart în două categorii fundamentale;

a) cutie de osie cu lagăre de alunecare (cuzinet);

b) cutie de osie cu lagăre cu rulmenți.

Cutiile de osie cu lagăre de alunecare sunt, în funcție de modul de realizare a ungerii, de două tipuri:

- cu ungere pe bază de capilaritate;

- cu ungere cu antrenare mecanică.

5.2. Cutia de osie cu lagăre de alunecare

Cutia de osie cu lagăre de alunecare, la care ungerea se face pe bază de capilaritate a fost construcția cea mai răspândită la vagoane şi la unele locomotive (figura 5.2).

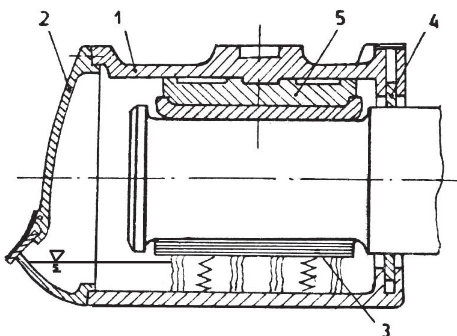


Fig. 5.2

Corpul cutiei 1 este confecționat din oțel turnat. Pe suprafețele laterale, corpul cutiei are nişte proeminențe profilate (urechi) care servesc la ghidarea masei suspendate a vehiculului şi la limitarea jocurilor transversale şi longitudinale ale cutiei de osie. Corpul cutiei se construieşte fie cu urechi simple (figura 5.3a), fie cu urechi duble (figura 5.3b).

Cutiile de osie care se fixează rigid pe lonjeroanele boghiului nu au urechi de ghidare (Boghiul Diamond).

Capacul 2 (figura 5.2) trebuie să se deschidă uşor, dar în acelaşi timp trebuie să se închidă uşor şi etanş, pentru evitarea pătrunderii, în interiorul osiei, a prafului şi a apei şi pentru eliminarea pierderilor de ulei.

Dispozitivul de ungere 3 cu perniță realizează ungerea fusurilor de osie pe baza proprietăților de capilaritate a fibrelor perniței. Apăsarea perniței pe fus se realizează fie prin arcuri elicoidale fie prin cu arcuri duble din bandă de oțel

(cutiile de osie de tip UIC). Fixarea dispozitivului de ungere în cutia de osie se face printr-un nas în care se pune ulei pentru ungerea fusului, fie direct. Pentru ungerea fusului de osie, la vagoanele înzestrate cu cutii de osie cu cuzinet, se întrebuințează ulei mineral.

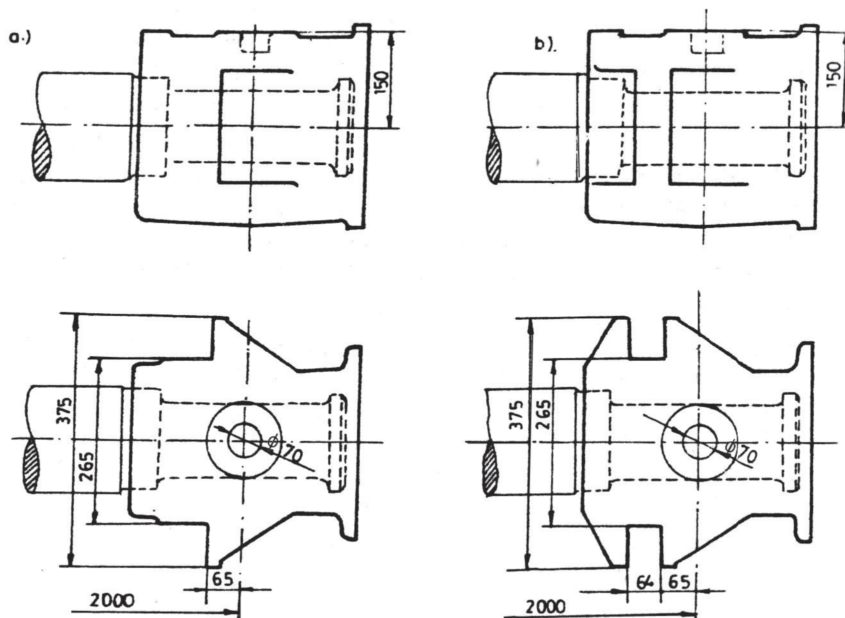


Fig. 5.3

Obturatorul de praf 4 se construieşte corespunzător tipului de cutie de osie, pentru a se introduce uşor în locaşul respectiv. El se confecționează din pâslă sau cauciuc.

Cuzinetul 5 este piesa cea mai importantă a cutiei de osie. El transmite direct asupra fusului toate sarcinile primite de la cutia de osie. Cuzinetul se compune din corpul cuzinetului şi din materialul de antifricțiune, denumit în general – compoziție.

Corpul cuzinetului se confecționează dintr-un material care să reziste la sarcinile din exploatare şi care să excludă deteriorarea fusului de osie, în cazul când compoziția s-ar topi în timpul circulației vehiculului. Când corpul cuzinetului nu îndeplineşte ultima condiție, el este prevăzut cu o căptuşeală intermediară care satisface această condiție.

Din punctul de vedere constructiv, cuzineții utilizați la vagoane sunt de două tipuri:

– cuzineți bimetalici, cu corpul confecționat din bronz sau fontă nodulară, pe care se aplică compoziția;

– cuzineți trimetalici cu corpul confecționat din oțel sau fontă maleabilă, căptuşeală intermediară din bronz peste care se aplică compoziția.

Fixarea compoziției în corpul cuzinetului se face prin intermediul canalelor în formă de coadă de rândunică, care asigură fixarea compoziției.

Jocurile transversale (în lungul axei osiei) între cutia de osie şi osia montată, sunt determinate de jocurile constructive dintre corpul cutiei şi cuzinet, precum şi de diferența dintre lungimea fusului şi a cuzinetului (figura 5.4).

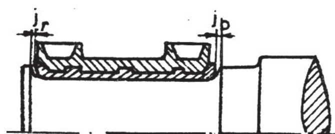


Fig. 5.4

5.3. Cutiile de osie cu rulmenți

5.3.1. Avantajele cutiilor de osie cu rulmenți

Unul dintre avantajele utilizării rulmenților la cutiile de osie este frecarea lor redusă în comparație cu cuzineții de alunecare. Aceasta rezultă din figura 5.5 unde sunt trasate curbele de variație ale coeficienților de frecare de rostogolire şi alunecare în funcție de viteza de mers. Coeficientul de frecare de rostogolire se menține aproximativ constant cu viteza. La toate vitezele de mers el are o valoare mult mai mică decât coeficientul de frecare de alunecare care variază cu viteza în special la viteze mici. Diferența dintre valorile celor doi coeficienți este mare în special la viteze mici. Rezultă deci că în momentul demarajului, forța de tracțiune a locomotivei se poate utiliza mai eficient. La aceeaşi forță de tracțiune se pot remorca trenuri de tonaj mai mare sau la acelaşi tonaj remorcat este necesară o forță de tracțiune mai mică. Economia de forță de tracțiune este mai mare la viteze mici.

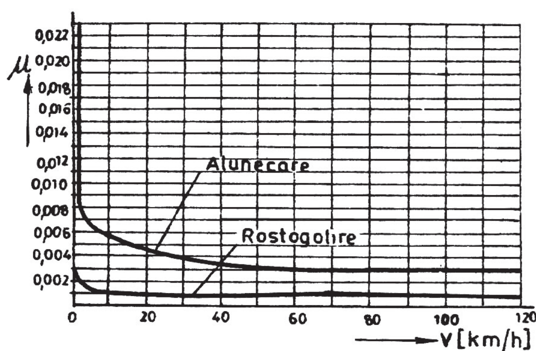


Fig. 5.5

Un alt avantaj al cutiilor de osie cu rulmenți îl constituie mărirea siguranței în circulație.

În orice lagăr, lucrul mecanic de frecare se transformă în căldură. De aceea la cutiile de osie cu cuzineți aprinderile fusurilor sunt mult mai numeroase decât la cutiile de osie cu rulmenți, întrucât ungerea cu ulei la osiile cu cuzineți se poate defecta mai uşor decât în cazul ungerii rulmenților cu unsoare consistentă. După datele Căilor Ferate Germane, în medie la 300…500 de supraîncălziri la cutiile de osie cu cuzineți revine doar o supraîncălzire la cele cu rulmenți.

Umărul osiei, la utilizarea cutiilor de osie cu cuzineți, se uzează şi trebuie refăcut periodic; în cazul cuzineților de osie cu rulmenți aceste cazuri nu apar.

Cu toate că realizarea unei cutii de osie cu rulmenți este mai costisitoare decât a cele cu cuzineți, totuşi utilizarea lor este mai economică. Cu ocazia reparațiilor capitale cutiile de osie cu cuzineți se înlocuiesc cu cele cu rulmenți.

5.3.2. Clasificarea cutiilor de osie cu rulmenți

Cutia de osie cu rulmenți, ca orice lagăr cu rulmenți, se compune din: carcasa sau corpul cutiei, rulmentul, elementele de fixare a rulmentului şi elementele de etanşare. Întregul ansamblu este montat pe fusul de osie.

Clasificarea cutiilor de osie cu rulmenți se poate face după construcția elementelor componente. Din acest punct de vedere rezultă următoarele criterii de clasificare:

- tipul rulmentului;
- numărul rulmenților conținuți în cutie;
- modul de fixare a rulmentului pe fus;
- construcția corpului cutiei (carcasei);
- construcția elementelor de etanşare.

- După **tipul rulmenților** utilizați cutiile de osie se împart în:
  - cutii de osie cu rulmenți cu role cilindrice;
  - cutii de osie cu rulmenți cu role butoi;
  - cutii de osie cu rulmenți cu role conice.
- După **numărul rulmenților** care se montează într-o cutie de osie, se deosebesc:
  - cutii de osie cu un rulment;
  - cutii de osie cu doi rulmenți.
- După **modul de fixare a rulmentului** pe fus, există:
  - cutii cu rulmenți fixați direct pe fus prin presare la cald (fretare);
  - cutii cu rulmenți fixați direct pe fus prin presare la rece (calare);
  - cutii cu rulmenți fixați pe fus prin bucşe elastice.
- După **construcția carcasei** (corpul cutiei) există:
  - cutii de osie cu carcasa dintr-o bucată;
  - cutii de osie cu carcasa din două bucăți.

5.3.3. Elemente constructive

Construcția unui lagăr cu rulmenți, depinde de destinația lagărului, condițiile de exploatare ale lagărului (mărimea şi direcția sarcinilor care acționează, durata de funcționare necesară, turația, starea mediului înconjurător, condițiile de temperatură, prescripțiile speciale de montare şi demontare, prescripțiile de ungere etc.), condiții generale tehnice ale ansamblului din care face parte, posibilități tehnologice de prelucrare a pieselor carcasei. De asemenea construcția cutiei de osie depinde în mare măsură de tipul ghidajelor utilizate.

Toți aceşti factori influențează alegerea construcției carcasei, alegerea tipului şi dimensiunilor rulmenților, alegerea sistemului de etanşare şi ungere, gradul de precizie la executarea pieselor lagărului.

În general la vehiculele de cale ferată, lagărele cu rulmenți sunt exploatate în condiții cu totul diferite de lagărele utilizate la alte maşini, deoarece aceste vehicule prezintă întotdeauna o exploatare intermitentă, cu încărcări variabile la turații variabile.

Pentru stabilirea tipului constructiv al cutiei de osie cu rulmenți trebuie cunoscute forțele care acționează asupra carcasei şi rulmenților. Aceasta presupune o cunoaştere temeinică a dinamicii rulării vehiculului pe cale. Determinarea forțelor care lucrează asupra rulmenților de la cutiile de osie ale vehiculului este strâns legată de calculul forțelor care lucrează asupra osiei montate în timpul rulării acesteia pe cale. Pe lângă sarcinile statice datorită greutății proprii şi a sarcinii utile asupra osiei mai acționează şi forțe suplimentare cu caracter variabil care se datorează: forței centrifuge în curbe, forțelor de inerție la frânare, apăsării saboților pe roată, presiunii vântului, forțelor directoare, forțelor cu caracter de şoc datorită neregularităților căii de rulare şi şocului de atac. Dacă mărimea şi direcția reacțiunii în lagăr, datorită sarcinii statice, se pot determina fără dificultate, în ceea ce priveşte forțele suplimentare, se poate calcula numai valoarea maximă a reacțiunii, iar în cazul forțelor cu caracter de şoc, calculul este foarte laborios şi conduce numai la valori limită aproximative, mărimea reală a acestor forțe putându-se determina numai pe cale experimentală.

Din motivele arătate, în majoritatea cazurilor, cutiile de osie cu rulmenți au forme specifice determinate de tipul vehiculului (motor sau remorcat), de tipul ghidajelor şi de condițiile de exploatare pentru care a fost proiectat.

Rulmentul este elementul principal al cutiei de osie, toate celelalte fiind elemente care asigură buna funcționare a acestuia.

Rulmenții radiali cu role cilindrice, după cum se ştie, nu pot prelua sarcini axiale. Ca un lagăr să poată prelua sarcini axiale sunt necesare anumite măsuri de ordin constructiv şi anume prevederea rulmenților cu umeri de ghidare a rolelor în sens axial. Această măsură se impune deoarece unul din rolurile cutiei

de osie este şi acela de a limita deplasările axiale ale osiei, care în timpul rulării vehiculului este supusă unor sarcini axiale de valori mari.

În figura 5.6 este arătată cutia de osie cu rulmenţi cu role cilindrice, tip UIC, pentru fusuri cilindrice cu d = 120mm.

Caracteristic acestui tip de cutie de osie este aşezarea şi fixarea axială a rulmenţilor pe fus în cutie. Rulmenţii 1 şi 2 sunt de tipul semiînchis. Pentru preluarea sarcinilor axiale, inelele interioare ale rulmenţilor sunt fixate spre interior de inelul de etanşare 3 şi spre exterior de discul de fixare 4, iar inelele exterioare sunt fixate pe umărul din interior al carcasei 5 dintr-o bucată şi capacul din faţă 6 fixat de cutie prin şuruburi. Etanşarea cutiei este asigurată prin canalul labirint, format din capacul 7 şi inelul 3 şi prin inelul obturator 8 din pâslă, sau mai nou din cauciuc.

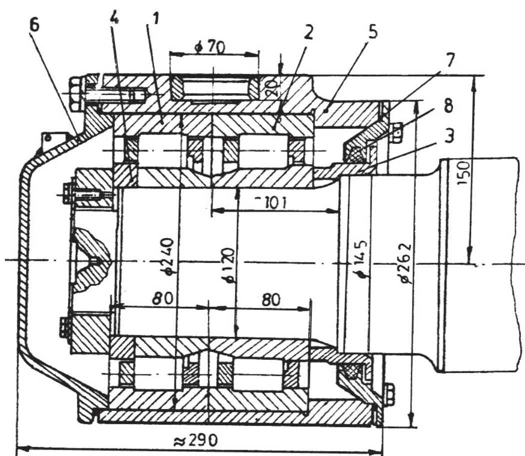


Fig. 5.6

Rulmenţii cu role butoi posedă o capacitate mare de încărcare radială şi axială, insensibilitate la şocuri şi la înclinarea osiei faţă de axa lagărului (poziţionarea oblică a osiei). Calităţi importante ale acestor tipuri de rulmenţi, fac ca ei să fie preferaţi în construcţia cutiilor de osie.

Utilizarea cutiilor de osie cu rulment cu role butoi este indicată totdeauna când suspensia sau sistemul de ghidare al cutiei de osie împiedică bascularea cutiei (poziţionarea oblică). Prin aceasta poate fi folosită din plin proprietatea de autocentrare a rulmentului care permite, fără nici un inconvenient, ca inelul exterior să ia o poziţie oblică faţă de cel interior. Această construcţie nu poate fi utilizată la vehiculele cu suspensie secundară plasată deasupra lonjeroanelor boghiului, la care din cauza valorii mari a diametrului exterior al cutiei de osie (la utilizarea unui rulment) s-ar ajunge la ridicarea exagerată a centrului de greutate al vehiculului.

În figura 5.7 este reprezentată construcţia cutiei de osie, cu rulment oscilant, cu role butoi pe două rânduri, utilizată la locomotivele diesel electrice CFR 060-DA.

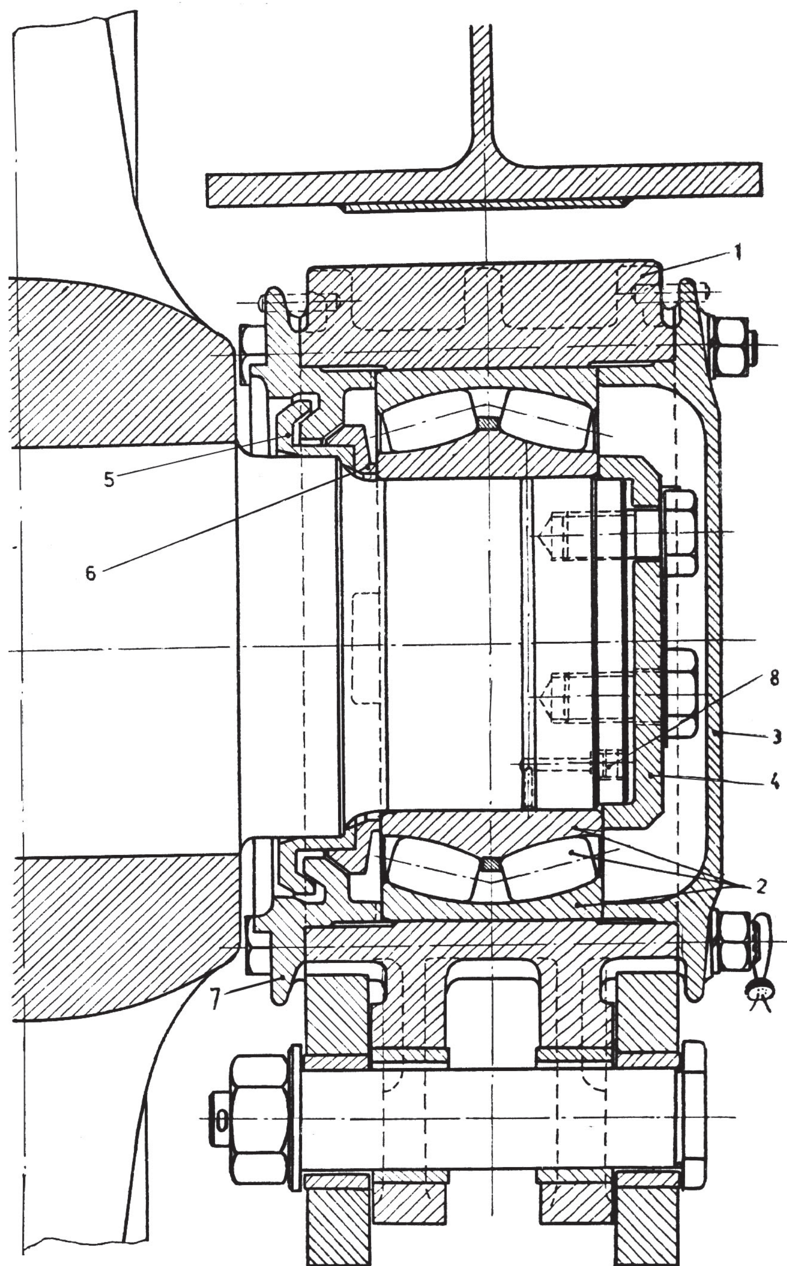


Fig. 5.7

Rulmentul se montează pe fus prin fretare. Inelul interior al rulmentului este fixat în sens axial de inelele de etanşare 5, 6 şi de capacele 3, 4 şi 7.

La fiecare osie montată, una din cutiile de osie nu are joc în sens axial, iar cealaltă (cutia de osie liberă) are posibilitatea să se deplaseze în sens axial cu un anumit joc. Acest joc se realizează între inelul exterior al rulmentului şi capacele 3 şi 7, având mărimea de 2x2mm. Între inelul exterior al rulmentului şi carcasa 1 există un ajustaj cu joc.

Dacă sistemul de ghidare al cutiei de osie nu asigură stabilitatea acesteia contra basculării, atunci nu se poate utiliza un singur rulment oscilant, ci se utilizează doi rulmenți într-o cutie de osie. În acest caz cutia de osie se poate realiza cu un diametru mai mic şi de asemenea i se asigură stabilitate, dar se renunță, prin această soluție, la avantajele autocentrării.

Rulmenţii cu role conice, la fel cu rulmenţii cu role butoi, se caracterizează printr-o mare capacitate în a prelua sarcinile care acționează axial asupra osiei şi prin insensibilitatea la şocuri. Întrucât aceste cutii de osie nu asigură autocentrarea osiei, poziționarea oblică a acesteia se realizează prin elemente de ghidare, adică în exteriorul lagărului.

Cutiile de osie cu rulmenți cu role conice au fost tipizate de către UIC.

Ajustajele şi toleranțele la montaj se aleg luând în considerare modul de încărcare al inelelor rulmentului.

Inelul interior fiind supus unei încărcări periferice (se roteşte în raport cu direcția sarcinii) se montează cu ajustaj cu strângere.

Inelul exterior fiind supus unei încărcări locale, se montează cu ajustaj cu joc cu frecare.

Toleranțele fusului osiei şi a carcasei sunt date în tabelul 5.1

Tabelul 5.1

Tipul rulmentului	Diametrul fusului [mm]	Câmpul de toleranță		Temperatura de montaj [^{O}C]
		fus	carcasă	
Rulment cu role cilindrice	50…100	m6	H7 j7	85…110
	105…140	m6; p6		80…100
	150…240	p6		75…100
Rulment oscilant cu role butoi	50…100	m6	H7	85…110
	105…140	m6; p6		80…110
	150…240	p6		75…100
Rulment oscilant cu bucșe de extracție	toate	h9/IT6	H7	-

Inelele de etanşare trebuie să se monteze cu o strângere mai mare decât a inelelor de rulmenți. Dacă se folosesc inele de pâslă, acestea freacă pe inelele

labirint care în urma încălzirii se dilată. Deci în timpul funcționării se poate asigura o fixare prin strângere, numai dacă inelele labirint au o limită inferioară a alezajului mai mare. Ajustajele uzuale folosite pentru inelele labirint sunt: H8/u8; H8/t7; E8/u8.

Etanşarea cutiilor de osie se face pentru protejarea rulmenților împotriva impurităților (umezeală, praf, particule de metal etc.) şi pentru evitarea ieşirii lubrifiantului din lagăr. Cele mai răspândite dispozitive de etanşare, utilizate la cutiile de osie sunt: inelele din pâslă, canalele labirint şi etanşările combinate.

Etanşarea cea mai eficace s-a dovedit a fi o combinație între un inel din pâslă şi canalele labirint plasate după inelul din pâslă. Realizarea sistemului de labirinți se face în funcție de condițiile impuse sistemului de etanşare şi de tipul rulmenților utilizați.

Pentru solicitări normale este suficient un labirint radial (figura 5.8a). Pentru solicitări mai mari se utilizează etanşări cu mai multe canale labirint axiale (figura 5.8b).

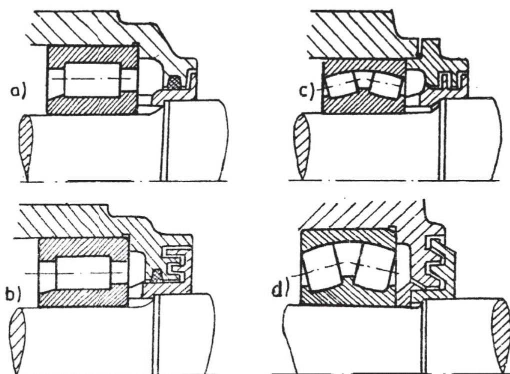


Fig. 5.8

Etanşarea cu canale labirint radiale (figura 5.8c) se foloseşte aproape exclusiv la cutiile de osie cu doi rulmenți oscilanți.

Cutiile de osie care asigură poziționarea oblică a osiei în interiorul lagărului, adică acele cutii de osie cu un singur rulment oscilant nu pot fi etanşate aşa de eficient ca lagărele cu doi rulmenți. Inelul de pâslă nu se poate utiliza, deoarece acesta nu este elastic iar la poziționarea oblică a osiei în raport cu rama boghiului apare o mică fantă. Din această cauză se utilizează numai inelele labirint (figura 5.8d). Este evident că suprafețele inelelor de etanşare, care formează canalele labirint sunt suprafețe sferice cu centrul în centrul de rotație al rulmentului (figura 5.7 şi 5.8c).

Inelele de etanşare 5 şi 6 (care sunt fixate pe osie) împreună cu canalul 7 (care este fixat pe corpul cutiei de osie) (vezi figura 5.7) formează canalele labirint. Prin modul constructiv în care sunt realizate canalele labirint, se creează o acțiune de pompare, care refulează în exterior impuritățile ce ar veni din afară şi împiedică unsoarea consistentă să iasă din interiorul cutiei.

6. GHIDAREA CUTIILOR DE OSIE

6.1. Rolul ghidării

Cutia de osie, ca element de legătură între osia montată şi rama boghiului, are rolul de a prelua şi transmite forţe verticale şi orizontale între boghiu şi osie.

La elaborarea soluţiilor constructive ale cutiei de osie este necesară atât cunoaşterea mărimii şi direcţiei acestor forţe cât şi modul de realizare a legăturii între cutia de osie şi rama boghiului.

Legătura cea mai simplă între cutia de osie şi rama boghiului (sau şasiul la vehiculele fără boghiuri) este legătura rigidă. Această soluţie elimină suspensia dintre osie şi rama boghiului, însă vehiculele fără suspensie la osie sunt foarte solicitate ca urmare a creşterii masei nesuspendate. Din această cauză legătura rigidă între cutia de osie şi rama boghiului se aplică numai la vehiculele industriale care circulă cu viteze foarte mici. Pentru asigurarea unei calităţi de rulare corespunzătoare, vehiculele de cale ferată sunt echipate cu o suspensie între osia montată şi rama boghiului. Arcurile utilizate în mod uzual în suspensia la osie pot prelua şi transmite sarcini verticale, dar nu pot prelua sau preiau doar în măsură nesatisfăcătoare sarcinile orizontale. De aceea, forţele orizontale

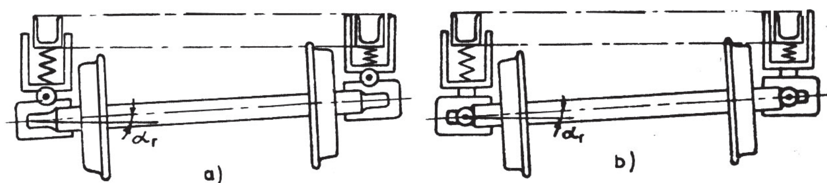


Fig. 6.1

(forţele de tracţiune, de frânare şi forţele de conducere pe cale) se preiau şi se transmit de ghidajele cutiei de osie.

Pentru ca deplasarea pe verticală a osiei, în raport cu rama boghiului, să fie posibilă şi pentru ca în lagăr să nu apară forţe de frecare de blocare se impune ca lagărul sau ghidajele cutiei de osie să asigure următoarele grade de libertate:

a) Poziţionarea oblică a osiei faţă de rama boghiului care trebuie realizată fie de elementele de ghidare ale osiei (figura 6.1 a), fie în interiorul lagărului (figura 6.1 b).

b) Deplasarea axială a osiei faţă de rama boghiului care trebuie asigurată

fie în interiorul lagărului (figura 3.2 a), fie de elementele de ghidare (figura 6.2b).

Această deplasare axială este necesară pentru compensarea abaterilor dimensionale între osia montată şi rama boghiului. Abaterile de la dimensiuni mai pot fi cauzate de dilatările termice şi deformațiile elastice. De asemenea, pentru poziționarea oblică, osia trebuie să se poată deplasa axial față de rama boghiului.

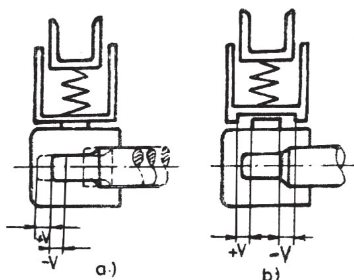


Fig. 6.2

Poziționarea oblică a osiei se poate realiza în interiorul lagărului dacă cutia de osie are un singur rulment oscilant (figura 5.7).

Deplasarea axială a osiei se poate asigura, în mod ideal, în interiorul lagărului, dacă se folosesc cutii de osii cu rulmenți cu role cilindrice.

S-a dovedit că este avantajos cazul când poziționarea oblică este asigurată de ghidajele cutiei de osie iar deplasarea axială asigurată în interiorul lagărului de către rulmenții cu role cilindrice.

6.2. Sistemele de ghidare ale cutiilor de osie

Ghidarea convențională a cutiei de osie este de tipul de ghidare prin alunecare la care conducerea osiei se realizează prin intermediul fălcilor de alunecare plane. Piesele de ghidare, în timpul funcționării se uzează, fapt ce duce la creşterea jocului transversal şi longitudinal dintre cutia de osie şi rama boghiului. Cu creşterea jocului de ghidare, se înrăutățeşte calitatea de rulare a vehiculului. Pentru realizarea unei calități de rulare corespunzătoare şi pentru reducerea uzurii roții şi şinei, jocul longitudinal şi transversal trebuie menținute în limite cât mai mici. Din acest motiv, pentru locomotivele de mare viteză şi vagoanele de călători s-a realizat ghidarea prin alunecare fără joc, conducerea osiei fiind asigurată cu ajutorul furcilor cilindrice (ghidaje cilindrice).

Tot în scopul îmbunătățirii calității de rulare, se utilizează, de asemenea pentru ghidarea osiei, unul sau două brațe de conducere. La aceste sisteme lipsesc practic elementele de uzură.

La vehiculele la care suspensia la osie se realizează cu arcuri din cauciuc, acestea îndeplinesc şi funcția elementului de ghidare.

Clasificarea ghidajelor curtiilor de osie, din punctul de vedere constructiv este dată în figura 6.3.

6.2.1. Ghidajele plane

La vagoanele de marfă pe două osii se utilizează cutia de osie UIC cu role cilindrice (figura 6.4). Cutia vagonului se sprijină prin intermediul arcurilor în

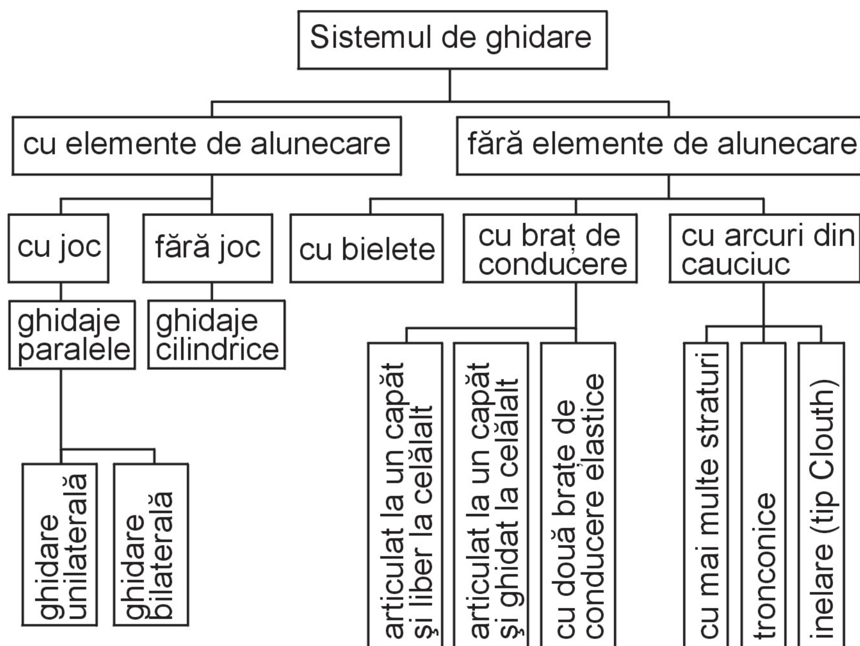


Fig. 6.3

foi 1 pe carcasa 2 a cutiei de osie. Forţele transversale între legătura de arc şi carcasă se transmit prin locaşul pentru legătura de arc. Arcul în foi, fiind montat cu inele de suportul de arc 3, are şi posibilitatea de a transmite şi forţe longitudinale dar numai într-un domeniu limitat. În felul acesta arcul în foi poate conduce osia montată în direcţie longitudinală, dar nu o poate conduce în direcţie transversală. Limitarea deplasărilor transversale, preluarea forţelor longitudinale maxime şi o conducere mai precisă a osie montate se realizează prin suprafeţele de ghidare ale cutiei de osie care glisează faţă de furcile de osie 4.

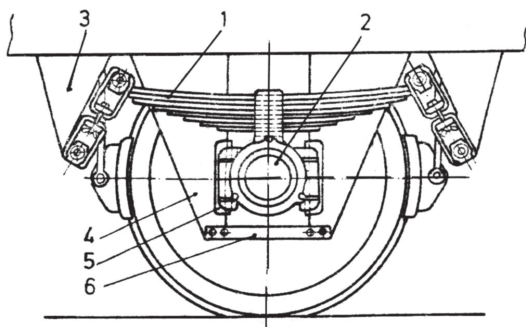


Fig. 6.4

Când forţele transversale se transmit numai

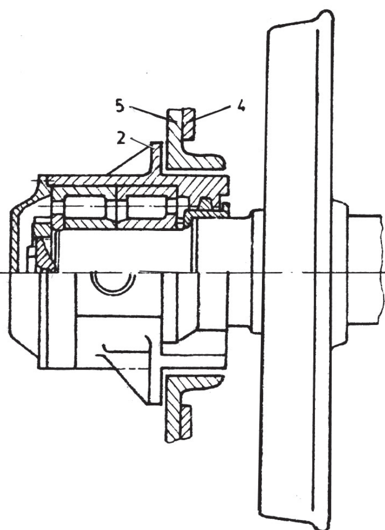


Fig. 6.5

într-un singur sens de către o cutie de osie, ghidarea în sens opus fiind asigurată de cealaltă cutie de osie, ghidarea se numeşte **unilaterală** (deschisă)(figura 6.5).

Ghidarea unilaterală se poate considera ghidare numai în sensul larg al cuvântului, deoarece din cauza jocului mare între suprafeţele de ghidare ale cutiei de osie şi furcă, se transmit în sens longitudinal numai forţele de ghidare maxime.

În principiu osia montată se poate conduce relativ bine şi cu o ghidare unilaterală dacă se menţine jocul de ghidare în limite mici. În practică se alege de obicei, pentru acest caz o ghidare **bilaterală** (figura 6.6).

Cu toate că se tinde spre un joc de ghidare cât mai mic posibil, din motive constructive este necesar un anumit joc. Acest joc este necesar şi pentru poziţionarea oblică care parţial se asigură şi prin teşirea feţelor laterale de ghidare.

În timpul funcţionării suprafeţele de ghidare în contact se uzează, iar jocul se măreşte. Pentru evitarea uzurii furcilor, acestea sunt prevăzute cu adaosurile 5, numite fălci de alunecare care, când se uzează, se schimbă mai uşor şi cu cheltuială sensibil mai mică decât furcile de osie (figura 6.5). La partea inferioară furcile de osie sunt consolidate prin legătura de gardă 6 (figura 6.4).

Acest sistem de ghidare se foloseşte numai la vagoanele de marfă şi la vehiculele industriale care circulă cu viteză redusă şi la care nu sunt impuse condiţii precise pentru calitatea de rulare. Cu alte cuvinte alegerea acestei construcţii atât de simplă şi ieftină este judicioasă numai în condiţiile arătate mai sus, în care ea se comportă corespunzător.

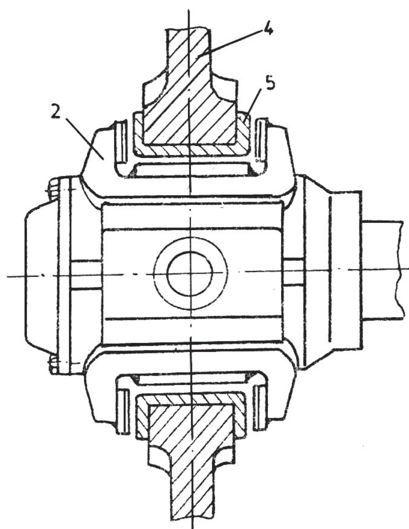


Fig. 6.6

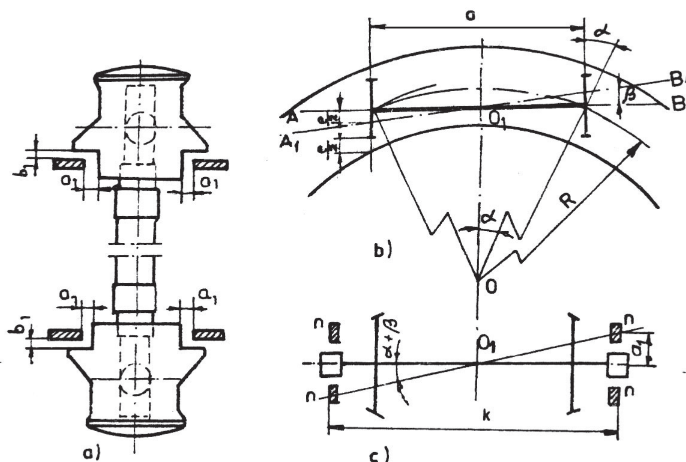


Fig. 6.7

Jocurile dintre cutia de osie şi furci trebuie să aibă astfel de valori încât să asigure aşezarea osiei din faţă în poziţia radială la circulaţia vehiculului în curbe (poziţia diagonală).

Pentru stabilirea jocului longitudinal a_1 (figura 6.7 a) se consideră că vehiculul cu două osii la care, iniţial, osiile ocupă o astfel de poziţie încât mijlocul lor rămâne pe axa mediană a curbei iar axa longitudinală a vehiculului este AB. În această situaţie (figura 6.7b) jocul între buza bandajului şi ciuperca şinei este e/2. În poziţia dată a vehiculului, osia, pentru a se aşeza radial, trebuie să se rotească cu unghiul α :

$$\alpha \approx a / 2R.$$

La poziţia diagonală a vehiculului, axa longitudinală a lui este rotită cu unghiul $\beta \approx e / a$, faţă de AB. Pentru ca în această situaţie osia să se poată aşeza radial, trebuie să i se creeze posibilitatea de a se roti faţă de poziţia mijlocie (perpendiculară pe axa longitudinală a vehiculului A_1B_1) cu un unghi:

$$\alpha + \beta = \frac{a}{2R} + \frac{e}{a}. \tag{6.1}$$

Notând distanţa între planul **n-n** a furcilor de osie cu **k** (figura 6.7 c), atunci jocul longitudinal $\mathbf{a_1}$, între cutia de osie în poziţia mijlocie şi furca de osie, necesar pentru ca osia să se aşeze radial, trebuie să fie:

$$a_1 = \frac{k}{2}\,\mathrm{tg}(\alpha + \beta) \approx \frac{k}{2}(\alpha + \beta) = \frac{k}{2}\left(\frac{a}{2R} + \frac{e}{a}\right). \tag{6.2}$$

Jocul transversal **b_1** (figura 6.7a) la osiile extreme trebuie să aibă o astfel de mărime încât marginile suprafețelor de ghidare a urechilor cutiilor de osie să nu atingă suprafața longitudinală **n-n** a fălcilor, în cazul când osia se rotește cu unghiul maxim (α+β) (figura 6.8).

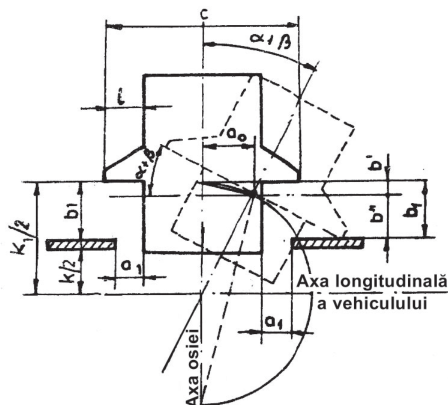


Fig. 6.8

Cu notațiile din figură rezultă:

$$b_1 = b' + b''; \quad (6.3)$$

$$b'(k_1 - b') = a_0^2 \approx a_1^2. \quad (6.4)$$

Deoarece $(b')^2 << b'k_1$, din relația (6.4) rezultă:

$$b' = a_1^2 / k_1 \approx a_1^2 / k \quad (6.5)$$

Deoarece $a_1 = k(\alpha + \beta)/2$, relația (6.5) devine:

$$b' = k(\alpha + \beta)^2 / 4 \quad (6.6)$$

Din figura 6.8 rezultă și expresia lui b”:

$$b'' = c \bullet \sin(\alpha + \beta)/2 \approx c(\alpha + \beta)/2 \quad (6.7)$$

Din relațiile (6.3), (6.6) și (6.7) rezultă jocul transversal total:

$$b_1 = k(\alpha + \beta)^2 / 4 + c(\alpha + \beta)/2$$

Luând în considerare relația (6.1) și neglijând termenul (e / a), a cărui valoare este foarte mică în comparație cu restul termenilor, rezultă:

$$b_1 = \left(\frac{k \bullet a}{8R} + \frac{c}{2}\right) \bullet \frac{a}{2R}. \quad (6.8)$$

Lățimea suprafeței de ghidare se ia cu 5mm mai mare decât jocul longitudinal dintre cutia de osie şi furcile de osie, adică:

$$l = 2a_1 + 5mm \qquad (6.9)$$

6.2.2. Ghidajele cilindrice

Cutia de osie 1 este ghidată de furcile cilindrice 2 (figura 6.9). Sarcina verticală se transmite de la rama boghiului la osie prin intermediul arcurilor elicoidale 3 şi a balansierului 4 care este articulat de cutia de osie. Furcile cilindrice 2, fixate pe rama boghiului, glisează în locaşurile cilindrice ale cutiei de osie 1. Întregul sistemul este lăgăruit prin intermediul unor elemente elastice din cauciuc 4 numite silent-blocuri care sunt presate în locaşurile cutiei de osie şi pe bucşa de alunecare 5 confecționată din bronz (figura 6.10). Şocurile în direcție longitudinală şi transversală sunt amortizate de silent-blocuri. Din cauză că silent-blocurile preiau şi transmit forțele de tracțiune şi frânare, ele trebuie să fie destul de rigide.

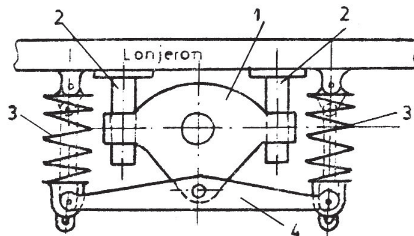


Fig. 6.9

Întrucât suprafețele de ghidare ale furcilor lucrează în baie de ulei, ele funcționează aproape fără uzură un timp mare şi de aceea osia montată este condusă practic fără joc.

Deoarece acest sistem de ghidare nu permite poziționarea oblică a osiei şi nici deplasarea axială a ei (ca urmare a rigidității foarte mari a silent-blocului) cutia de osie trebuie să aibă un singur rulment oscilant, iar una din cutiile de osie de la fiecare osie montată, trebuie să se poată deplasa axial cu un joc asigurat de lagăr.

Silent-blocul 4 se compune din bucşele de oțel 4.1 şi 4.2, între care se găseşte vulcanizat stratul de cauciuc 4.3 (figura 6.11).

Acest sistem de ghidare al cutiei de osie se utilizează la locomotivele CFR diesel-electrice 060-DA şi diesel-hidraulice 040-DHC.

6.2.3. Ghidajele cu bielete

Cutia de osie este articulată de rama boghiului prin două bielete (figura 6.12a). Bieletele I şi II preiau şi transmit forțele de tracțiune şi de frânare precum şi forțele transversale (de conducere a osiei pe cale). Articulațiile 2 şi 3 ale bieletelor cu cutia de osie sunt plasate diametral opus față de centrul roții, formând un unghi $\beta \neq 0$ cu planul orizontal al axelor osiilor (figura 6.12b). Ca urmare a acestei aşezări, deplasarea pe verticală a cutiei de osie în raport cu rama boghiului este însoțită de oscilații de rotație a ei față de axa osiei.

Fig. 6.10

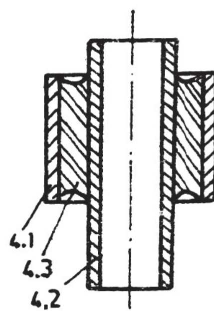


Fig. 6.11

Articulațiile bieletelor cu rama boghiului şi respectiv cu cutia de osie, se compun fiecare din arborele 4, silent-blocul 3 şi şaibele de cauciuc 2 (figura 6.13). Silent-blocul 3 se montează prin presare atât în locaşul bieletei cât şi pe arborele 4. Şaibele 2 din cauciuc se montează pretensionate pe arbore.

Articulațiile realizate din elemente de cauciuc permit deplasări elastice verticale, longitudinale şi transversale ale cutiei de osie față de rama boghiului.

Rigiditatea ansamblului acestei ghidări în direcțiile transversală şi longitudinală față de direcția verticală este de circa 50…60 de ori respectiv de 250…300 de ori mai mare.

Deplasarea longitudinală a cutiei de osie

Forța longitudinală F (de tracțiune sau de frânare) aplicată în centrul fusului se transmite prin lagăr şi prin bieletele I şi II la rama boghiului (figura 6.12 b). Prin fiecare bieletă se transmite forța F/2. Deplasarea elastică longitudinală $\mathbf{a_1}$ a

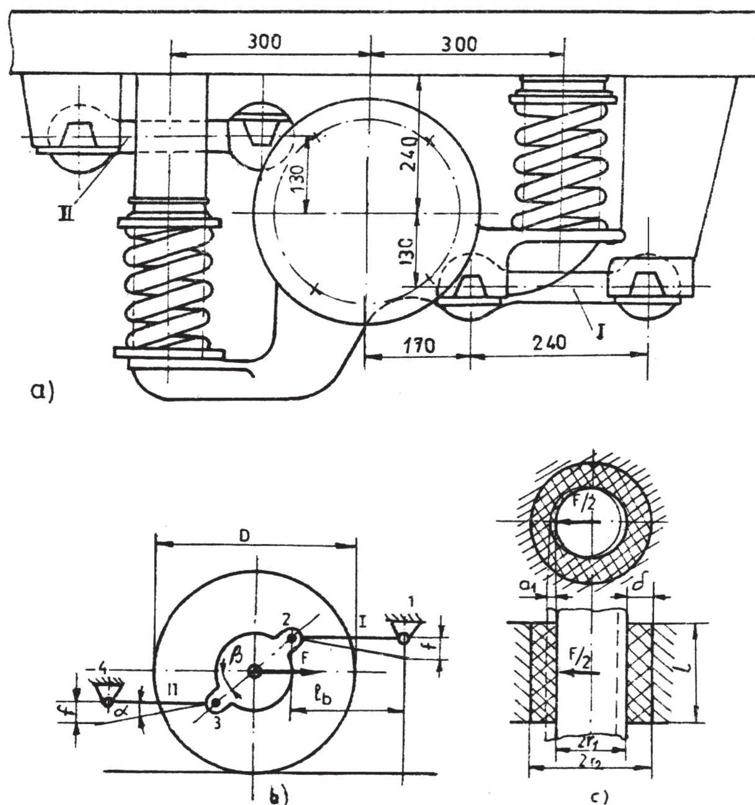


Fig. 6.12

osiei în raport cu rama boghiului este egală cu suma deformațiilor radiale ale ambelor bucșe ale unei bielete:

$a_1 = a_1' + a_1''$

Exprimând deplasarea prin rigiditatea radială și prin forța de tracțiune rezultă:

$F / k_r = F / k_r' + F / k_r''$

sau

$1 / k_r = 1 / k_r' + 1 / k_r''$

unde: k_r este rigiditatea radială a unei bielete;

k_r' și k_r'' – rigiditățile radiale ale bucșelor din cauciuc.

Rigiditatea corespunzătoare unei bielete va fi:

$$k_r = (k_r' \cdot k_r'') / (k_r' + k_r''). \quad (6.10)$$

Rigiditatea longitudinală a unei cutii de osii (două bielete) este $k_{rco} = 2k_r$.

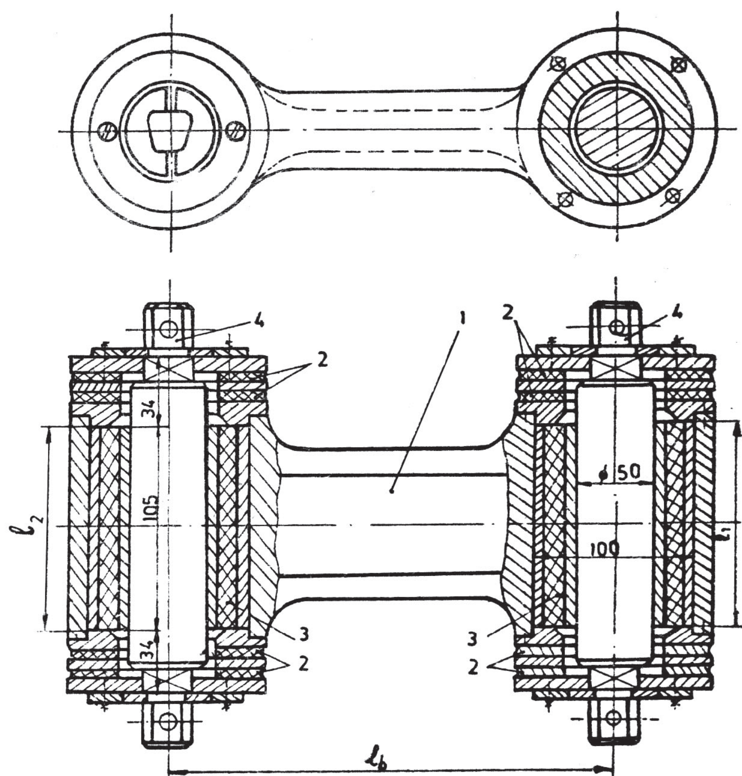


Fig. 6.13

Creşterea rigidităţii datorită deformaţiilor şaibelor frontale este neînsemnată şi de aceea se neglijează.

Deplasarea longitudinală a_1 a cutiei de osie faţă de rama boghiului este:

$$a_1 = F / k_{rco} = F \bullet (k_r' + k_r'') / 2(k_r' \bullet k_r'') \tag{6.11}$$

Rigiditatea radială a bucşelor din cauciuc se determină cu relaţia (figura 6.12c):

- pentru bucşe cu $l / (r_1 + r_2) > 6$:

$$k_r' = \frac{3}{2}\frac{\pi G l}{\delta^3}(r_1 + r_2)^3 \tag{6.12}$$

- pentru bucşe cu $l / (r_1 + r_2) \leq 6$:

$$k_r' = \frac{3}{2}\frac{\pi G l}{\delta^3}\frac{l^2 + 6\delta^2}{l^2 + 3(r_1 + r_2)^2}(r_1 + r_2)^3 \tag{6.13}$$

Deplasarea transversală a cutiei de osie

Deplasarea transversală $\mathbf{b_1}$ a cutiei de osie în raport cu rama boghiului este dată de suma a trei deplasări (figura 6.14): b_{11} şi b_{12} ca urmare a deformaţiilor de forfecare şi respectiv de compresiunile care apar în articulaţiile 1 şi 2, şi $b_{13} \approx l_b \varphi$ ca urmare a rotirii bieletelor cu unghiul φ, adică:

$$b_1 = \sum_1^3 b_{1i} \cdot \tag{6.14}$$

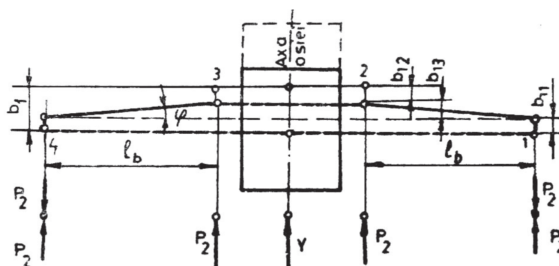


Fig. 6.14

Deplasarea elastică a corpului bieletei în raport cu arborele (figura 6.15) este dată de deformaţia la solicitarea de forfecare $\mathbf{f_f}$ a bucşelor din cauciuc şi de deformaţia axială de compresiune $\mathbf{f_c}$ a şaibelor frontale din cauciuc.

Deplasarea cutiei de osie ca urmare a deformaţiei de la solicitarea de forfecare a celor două bucşe din cauciuc este:

$$f_f = f_{f1} + f_{f2.} \tag{6.15}$$

Forța axială P_2 care solicită la forfecare bucşa din cauciuc (figura 6.15) este echilibrată de tensiunile tangențiale pe suprafața cilindrică. Tensiunile maxime apar pe suprafața cilindrică interioară de rază r_1:

$P_2 = 2\pi r_1 l \tau_{max}$

de unde:

$\tau_{max} = P_2 / (2\pi r_1 l)$.

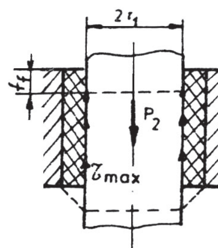


Fig. 6.15

Lucrul mecanic specific de deformație la forfecare este:

$L_0 = \tau^2 / 2G$.

Lucrul mecanic elementar de deformație se exprimă cu relația: $dL = \frac{\tau^2}{2G} dv$

Deoarece $dv = 2\pi r l dr$ şi $\tau = P_2/2\pi r l$, lucrul mecanic de deformație este:

$$L = \frac{1}{2G} \int_{r_1}^{r_2} \frac{P_2^2 dr}{2\pi r l} = \frac{P_2^2}{4\pi r G l} \ln \frac{r_2}{r_1}. \quad (6.16)$$

Având în vedere că lucrul mecanic de deformație dat de forțele exterioare este $L = P_2 f/2$, din relația (6.16) rezultă deformația unei bucşe de cauciuc solicitată la forfecare:

$$f = \frac{P_2}{2\pi G l} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (6.17)$$

Aplicând relația (6.17) pentru o bieletă care are bucşele din cauciuc de lungime l_1 şi respectiv l_2 se obține:

$$f_f = \frac{P_2}{2\pi G l_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{P_2}{2\pi G l_2} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

sau: (6.18)

$$f_f = P_2(k_{f1} + k_{f2}) / (k_{f1} \cdot k_{f2})$$

în care:

$k_{f1} = \frac{2\pi \cdot G l_1}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$ - rigiditatea la forfecare a bucşei de lungime l_1;

$k_{f2} = \frac{2\pi \cdot G l_2}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$ - rigiditatea la forfecare a bucşei de lungime l_2.

Rigiditatea transversală a unei cutii de osii, corespunzătoare forfecării bucşelor din cauciuc, este:

$$k_{f0} = 2(k_{f1} \bullet k_{f2}) / (k_{f1} + k_{f2}). \quad (6.19)$$

Şaibele din cauciuc 2 (figura 6.13) se montează cu o comprimare inițială.

Pentru determinarea rigidității a două şaibe frontale cu comprimare inițială se consideră figura 6.16.

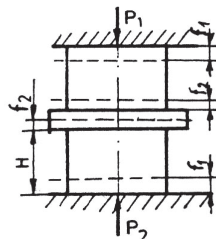


Fig. 6.16

Fie doi cilindri din cauciuc cu rigiditatea k'_c la compresiune, comprimați inițial cu valoarea f_1. Forțele de compresiune pe discul intermediar $P_1 = k'_c f_1$ sunt egale.

Presupunem, că discul intermediar se deplasează în sus cu valoarea f_2 ($f_2<f_1$). Asupra şaibei intermediare acționează forțele: de sus $P_2 = k'_c(f_1+f_2)$, iar de jos $P_3 = k'_c(f_1-f_2)$. Diferența forțelor este

$$P_2 – P_3 = 2k'_c f_2$$

Rigiditatea acestui sistem este egală cu dublul rigidității unui cilindru, adică:

$$k_c = 2SE / H$$

unde S este suprafața secțiunii de încărcare a discului din cauciuc.

Şaibele frontale din cauciuc montate în articulațiile bieletei, lucrează succesiv. De aceea rigiditatea şaibelor unei bielete este $k_s = SE / H$, iar rigiditatea şaibelor, raportată la o cutie de osie este:

$$h_{S0} = 2SE / H \quad (6.20)$$

La deplasarea transversală a arborelui unei articulații, şaibele frontale lucrează în paralel cu bucşele din cauciuc, şi de aceea rigiditatea lor se însumează:

$$k_{fs} = k_{f0} + k_{S0} \quad (6.21)$$

Sub acțiunea forței Y, deplasarea transversală ($b_{11} + b_{12}$) a cutiei de osie, ca urmare a deformațiilor de forfecare şi de compresiune a elementelor din cauciuc din articulațiile bieletelor, este:

$$b_{11} + b_{12} = Y / k_{fs}$$

sau luând în considerare relațiile (6.21), (6.20) şi (6.19) rezultă:

$$b_{11} + b_{12} = \frac{Y}{2}\left(\frac{H}{SE} + \frac{k_{f1} + k_{f2}}{k_{f1} \cdot k_{f2}}\right) \quad (6.22)$$

Deplasarea transversală a cutiei de osie ca urmare a rotirii bieletelor cu unghiul φ se determină luând în considerare descentrarea bucşelor din cauciuc. Momentul forţelor exterioare (figura 6.17) este:

$$Y l_b / 2 = M_1 + M_2 \qquad (6.23)$$

Momentele reactive M_1 şi M_2 ale bucşelor din cauciuc se determină, în funcţie de rigiditatea radială k_r a bucşelor şi unghiului de rotire φ, cu relaţiile:

$$M_1 = k'_r l_1^2 \varphi / 12 \quad \text{şi} \quad M_2 = k''_r l_2^2 \varphi / 12$$

Înlocuind expresiile momentelor M_1 şi M_2 în relaţia (6.23) rezultă:

$$Y l_b / 2 = \varphi \, (k'_r l_1^2 + k''_r l_2^2) / 12 \qquad (6.24)$$

Deoarece $\varphi \approx b_{13}/ l_b$, relaţia (6.24) devine:

$$\frac{Y l_b}{2} = \frac{b_{13}}{l_b}\left(\frac{k'_r l_1^2 + k''_r l_2^2}{12}\right)$$

de unde rezultă deplasarea transversală b_{13} a cutiei de osie, ca urmare a rotirii bieletelor cu unghiul φ:

$$b_{13} = Y \frac{6 l_b^2}{k'_r l_1^2 + k''_r l_2^2} \qquad (6.25)$$

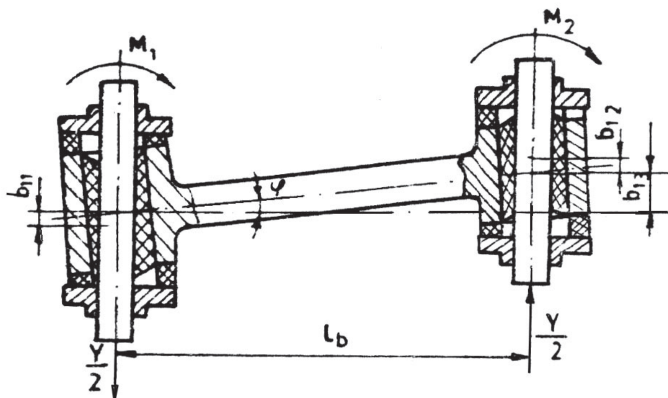


Fig. 6.17

Deplasarea transversală totală $\mathbf{b_1}$ a cutiei de osie sau acţiunea forţei Y, conform relaţiilor (6.14), (6.22) şi (6.25) este:

$$b_1 = \frac{Y}{2}\left(\frac{H}{SE} + \frac{k_{f1} + k_{f2}}{k_{f1} \cdot k_{f2}} + \frac{12 a^2}{k'_r l_1^2 + k''_r l_2^2}\right) \qquad (6.26)$$

Dacă această deplasare este mai mică decât deplasarea necesară osiei pentru poziționarea oblică, atunci diferența lor trebuie asigurată în interiorul lagărului.

6.2.4. Ghidajele cu brațe de conducere

Brațul de conducere al cutiei de osie, din punctul de vedere constructiv poate fi:

– articulat la un capăt şi liber la celălalt;
– articulat la un capăt şi ghidat la celălalt;
– încastrat la ambele capete, în acest caz utilizându-se pentru ghidarea cutiei de osie două brațe de conducere elastice în direcție verticală.

Ghidarea cutiei de osie printr-un braț de conducere articulat la un capăt şi liber la celălalt se arată în figura 6.18. Se utilizează la locomotivele diesel-hidraulice de 350CP.

Cutia de osie 1 este montată în brațul de conducere 2, articulat la un capăt prin bolțul 3 în rama boghiului 4. Articulația se realizează cu un silent-bloc. La capătul liber al brațului se transmite elastic sarcina verticală de la rama boghiului prin intermediul suspensiei 5. De talerul inferior al suspensiei este articulată tija 6 care limitează deformarea arcurilor (în exploatare şi la ridicarea cutiei vehiculului de pe boghiuri).

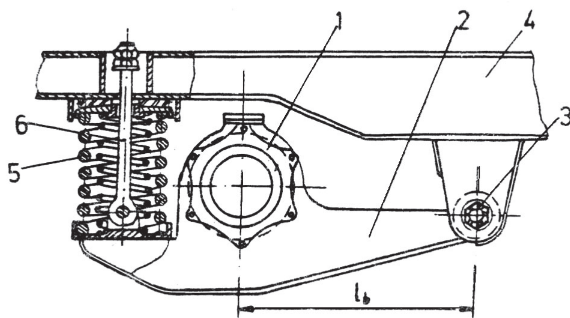


Fig. 6.18

Forțele transversale mici se transmit elastic de la osie la boghiu prin silent-bloc şi prin arcurile elicoidale. Această ghidare simplă a osiei asigură vehiculului un mers satisfăcător până la viteza maximă de 70km/h.

Conducerea osiei este practic fără joc longitudinal iar deplasarea transversală a osiei (în lungul axei ei) se deduce din relația (6.25) şi este:

$$b_1 = \frac{6Yl_b^2}{k_r l^2} \tag{6.27}$$

în care: Y este forța directoare;

k_r – rigiditatea radială a bucşei din cauciuc care formează silent-blocul;

l_b, l – lungimea brațului respectiv a bucşelor din cauciuc.

Deoarece rigiditatea radială $\mathbf{k_r}$ este mare, deplasarea $\mathbf{b_1}$ este foarte mică.

Conducerea osiei printr-un braț de conducere articulat la un capăt şi ghidat la celălalt s-a realizat în multe variante constructive, diferențiate, în special, prin modul de ghidare a brațului. Articulația lui la rama boghiului se realizează la fel ca în figura 6.18, adică prin intermediul silent-blocurilor.

La varianta din figura 6.19 ghidarea brațului de conducere se realizează prin arcuri de cauciuc. Brațul de conducere 1 are, la capătul opus articulației 2, proeminența 3 pe care sunt fixate arcurile din cauciuc 4 montate în carcasa de ghidare 5. Această carcasă este montată rigid pe lonjeronul 6 al ramei boghiului. Arcurile din cauciuc se montează cu o strângere inițială, astfel încât jocul transversal să un depăşească ±2mm, în limitele căruia forța elastică transversală atinge valori de cca. 6tf. Arcurile din cauciuc 4 îndeplinesc şi funcția elementului de suspensie în proporție de aproximativ 30%, cu o amortizare bună a oscilațiilor. Ghidarea capătului respectiv al brațului de conducere se poate realiza şi sub formă de ghidaj cu fălci de alunecare, asemănător cu cel din figura 6.5 sau 6.6.

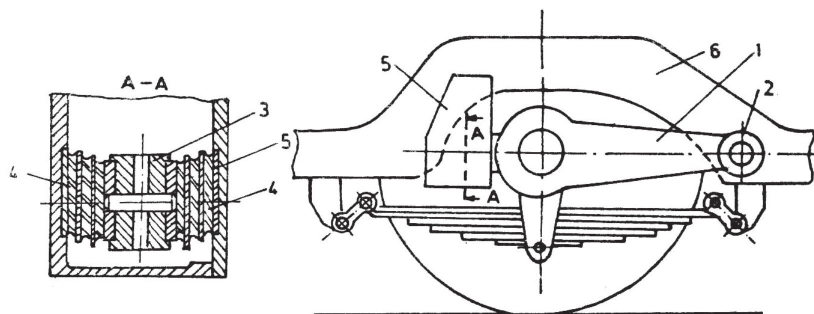


Fig. 6.19

6.2.5. Ghidajele cu arcuri din cauciuc

Arcurile din cauciuc ale suspensiei la osie, care îndeplinesc şi funcția elementului de ghidare a osiei, trebuie să satisfacă o serie de condiții impuse atât de suspensie cât şi de ghidaje şi anume:

– arcul trebuie să prezinte o caracteristică liniară sau uşor progresivă;

– rigiditatea longitudinală şi transversală a arcurilor să fie foarte mari în raport cu rigiditatea verticală.

Preluarea ghidării osiei de arcurile suspensiei elimină elementele intermediare de uzură (se elimină fălcile de alunecare sau fusurile cilindrice).

Şocurile longitudinale şi transversale sunt amortizate de arcuri.

Pentru suspensia osiei montate se utilizează arcuri din cauciuc cu mai multe straturi sau în formă de tor.

Rigiditatea arcurilor 1 din cauciuc cu mai multe straturi vulcanizate pe armăturile metalice depinde de unghiul de înclinare α şi β ale straturilor de cauciuc în plan vertical şi orizontal şi de grosimea δ a stratului (figura 6.20).

Modificarea unghiurilor α şi β determină modificarea valorilor componentelor normală şi tangențială a sarcinii care acționează asupra arcului. Prin aceasta se modifică gradul de deformare al cauciucului care este, în primul rând, dependent de felul sarcinii.

Micşorarea grosimii stratului de cauciuc, prin mărirea numărului de straturi ale arcului (fără modificarea dimensiunilor de gabarit ale arcului) duce la mărirea rigidității în comparație cu arcul cu un singur strat în aceleaşi condiții de gabarit. Mărirea rigidității este foarte accentuată la comprimarea cauciucului şi neînsemnată la forfecare. Acest lucru este urmarea introducerii armăturilor metalice, paralele cu suprafețele de reazem, pieselor de ghidaj 2, care nu schimbă condițiile de lucru ale cauciucului la forfecare, dar implică limitări noi, esențiale, pentru posibilitatea variației formei cauciucului la comprimare.

Din aceste considerente rezultă că prin modificarea unghiului de înclinare pentru aşezarea arcului, se pot utiliza arcuri identice la diferite sarcini pe osie, adică pentru diferite vehicule, ceea ce poate duce la micşorarea cheltuielilor de confecționare şi de echipare a vehiculelor cu asemenea arcuri.

Locaşul cutiei de osie în rama boghiului, pentru montarea arcurilor, trebuie să fie situat la o anumită înălțime încât, pe de o parte să nu slăbească secțiunea lonjeronului sau să existe lonjeroane curbate, iar pe de altă parte, să nu determine o poziție prea înaltă a şasiului cutiei.

Un raport mic între lățimea şi înălțimea arcului, impus de boghiu, este favorabil pentru forma lonjeronului, acesta putând fi

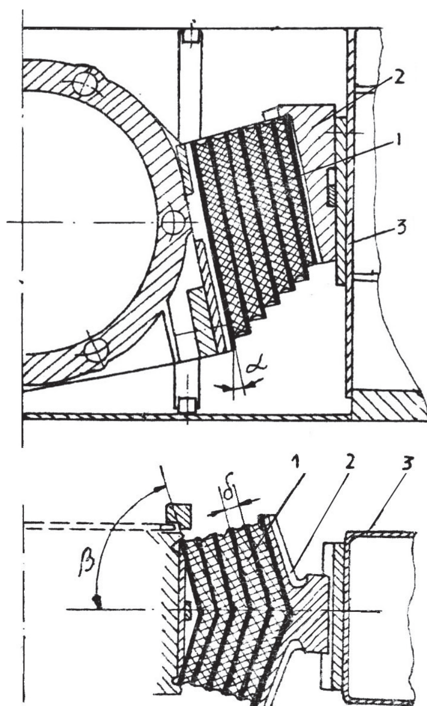


Fig. 6.20

realizat sub formă de grindă dreaptă, din profile laminate sau construcţie sudată, care se poate amplasa deasupra arcurilor, la partea inferioară a lonjeronului se sudează numai suporţii 3 pentru arcuri (figura 6.20).

La arcurile cu înălţime redusă, sarcina trebuie să fir repartizată uniform de-a lungul înălţimii. În primul rând, trebuie să se asigure poziţia corectă a arcului faţă de centrul lagărului în vederea repartizării uniforme a forţelor orizontale.

Lăţimea mare a arcului limitează şi dimensiunile plăcilor metalice intermediare (a armăturilor) ale arcului.

Poziţia osiei montate, faţă de rama boghiului, în plan vertical şi orizontal este determinată de caracteristicile arcurilor şi are o importanţă deosebită pentru asigurarea unei uzuri minime ale suprafeţelor de rulare ale roţilor.

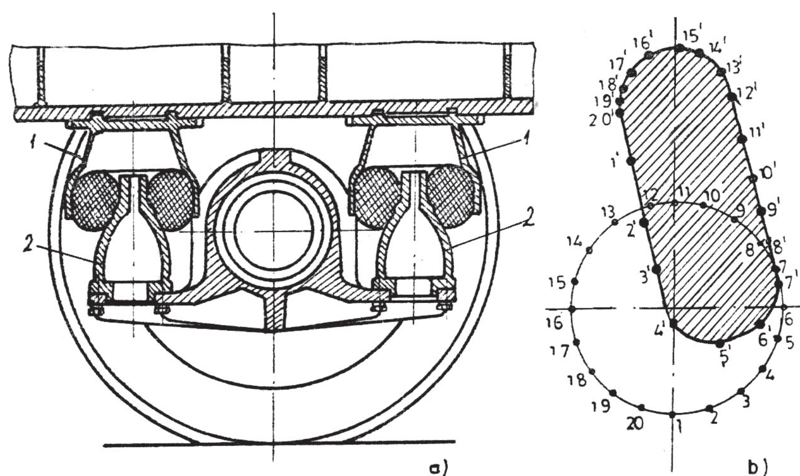


Fig. 6.21

Ghidarea osiei prin arcuri din cauciuc în formă de tor (tip Clouth) se arată în figura 6.21. Sub sarcină arcul din cauciuc este rulat între cele două suprafeţe conice 1 şi 2. Pe suprafaţa torului deformat apar eforturi de întindere şi de compresiune. Forma secţiunii transversale şi modul de deformare a arcului încărcat se arată în figura 6.21 b. Punctele 1…20 marcate pe circumferinţa secţiunii transversale a torului neîncărcat, ajung la încărcarea arcului în poziţiile 1'…20'.

Avantajul acestor arcuri constă în faptul că nu prezintă nici un punct vulcanizat cu oţelul, care să necesite mijloace de protecţie.

7. RAMA BOGHIULUI

7.1. Rolul ramei

Construcția ramei boghiului este determinată, de tipul, destinația şi de tipul constructiv al fiecărui subansamblu al acesteia.

Destinația ramei boghiului constă în amplasarea osiilor montate, a echipamentului de tracțiune şi de frânare şi de preluarea şi transmiterea forțelor care acționează asupra vehiculului. De asemenea, ramele boghiurilor susțin cutia cu toate agregatele, instalațiile şi aparatele montate în ea. În afară de aceasta, pe rama boghiului motor se sprijină total sau parțial motoarele electrice de tracțiune sau atacurile de osie, care transmit cuplul motor la osiile motoare.

Rama boghiului se reazemă pe cutiile de osie prin intermediul suspensiei şi se leagă de acesta prin ghidaje. Prin intermediul suspensiei rama transmite şi distribuie sarcina verticală (statică şi dinamică) pe osiile montate. Prin ghidajele cutiilor de osie se preiau forțele de tracțiune (sau de frânare) dezvoltate de osiile motoare şi se transmit la ramă, care însumează aceste forțe şi le transmite, la rândul ei, la şasiul cutiei prin sistemul care leagă boghiul de şasiul cutiei.

Prin urmare, rama boghiului îndeplineşte, mai ales, funcția elementului portant şi de legătură între diferitele subansambluri ale boghiului.

7.2. Elementele componente ale ramei

Rama boghiului se compune, în general, din două grinzi laterale longitudinale 1 numite lonjeroane şi din grinzile transversale 2, 3, 4 şi 5 anumite traverse, care servesc ca legături între lonjeroane (figura 7.1 şi 7.2). În acelaşi timp, traversele susțin timoneria de frână iar la unele construcții preiau forțele longitudinale (de frânare şi de tracțiune) şi greutatea cutiei sau numai o parte dintre acestea.

La boghiurile motoare, traversele preiau sarcinile de la motoarele de tracțiune sau de la atacurile de osie.

Anumite rame (în special cele ale boghiurilor de vagoane) au grinzi longitudinale intermediare care servesc pentru susținerea timoneriei de frână sau a altor instalații fixate pe boghiu.

La amplasarea traverselor şi la stabilirea formei lor constructive, trebuie să se țină seama nu numai de necesitatea obținerii unei rame rigide în ansamblu, ci şi separat pentru fiecare grindă în parte după destinația ei.

La boghiurile motoare distanța dintre două traverse alăturate trebuie să se aleagă în concordanță cu spațiul necesar pentru osia montată şi pentru acționarea osiei (motorul electric sau atacul de osie).

La boghiurile libere (necuplate), traversele de capăt au numai rolul de rigidizare a ramei şi de susținere a timoneriei de frână şi eventual a acționării osiei. În cazul în care traversele de capăt au numai rolul de rigidizare a ramei

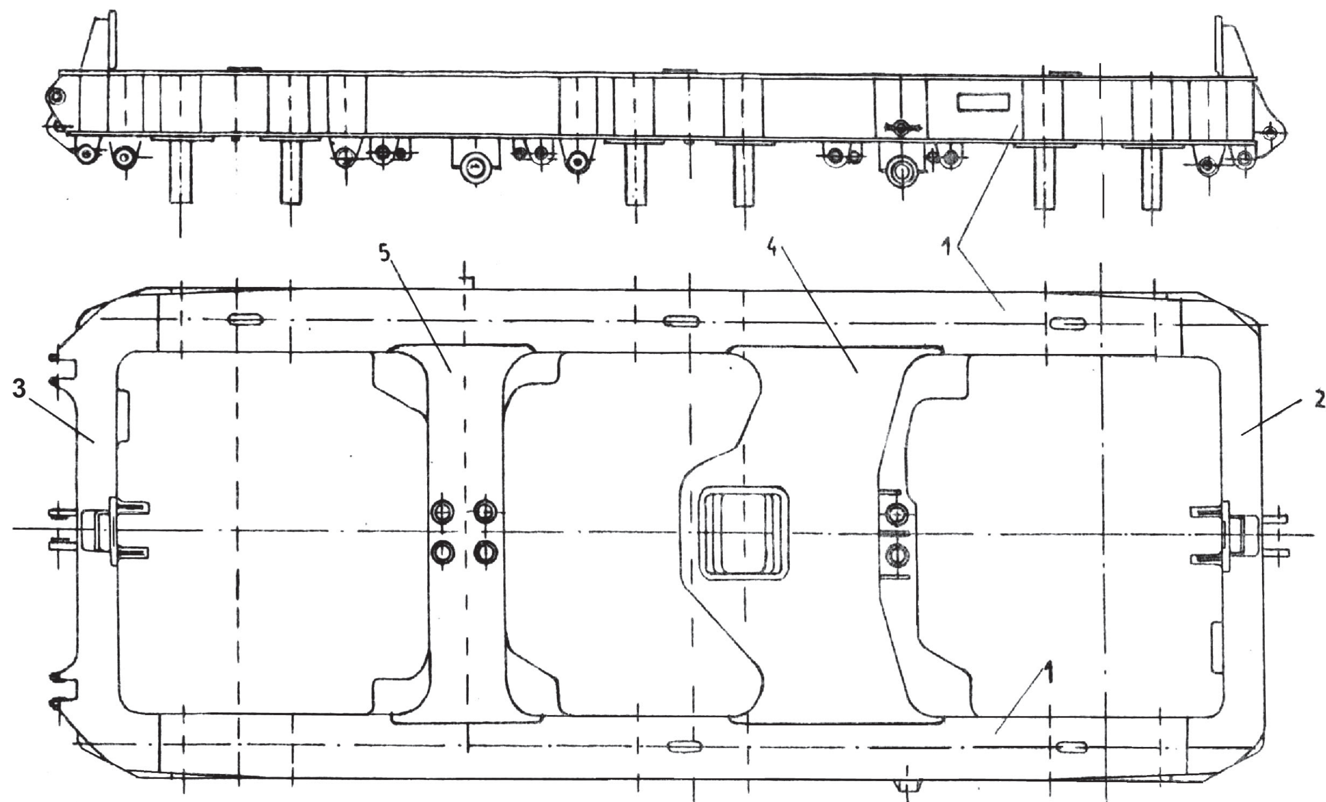


Fig. 7.1 - Rama boghiului locomotivei CFR 060-DA

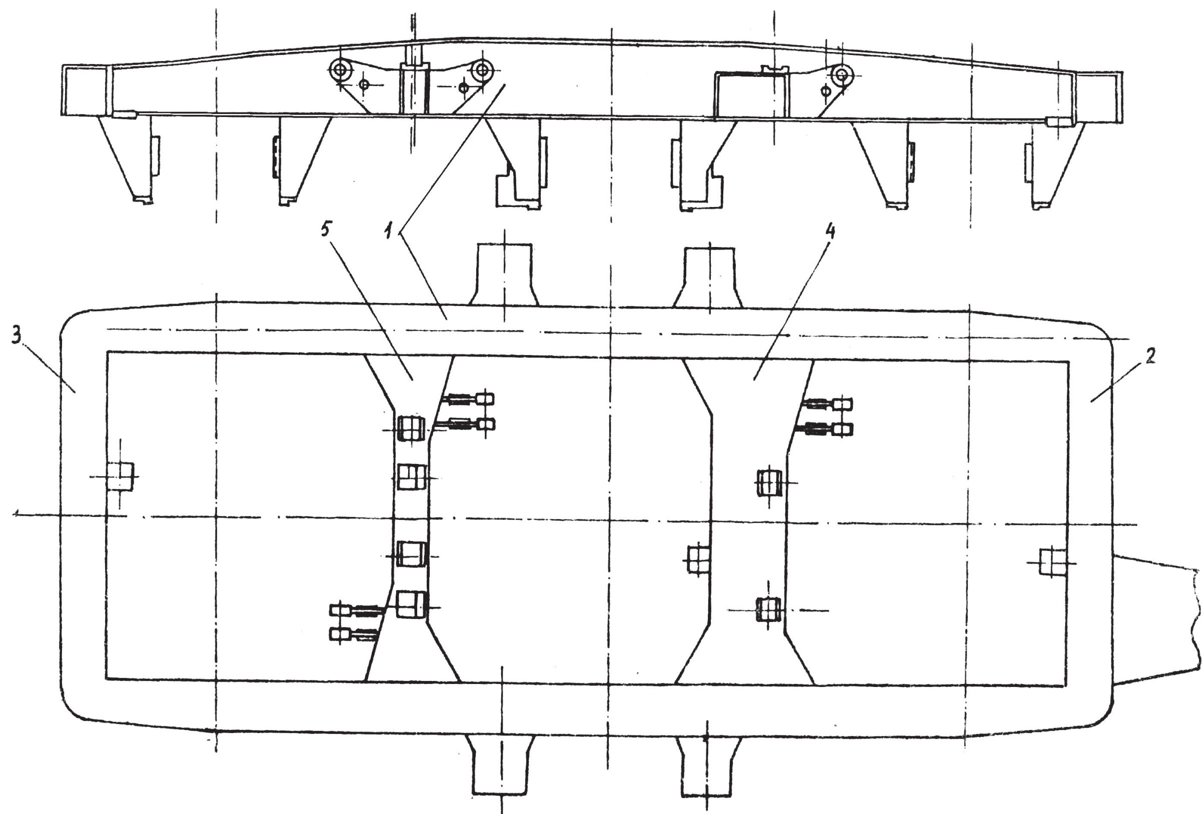
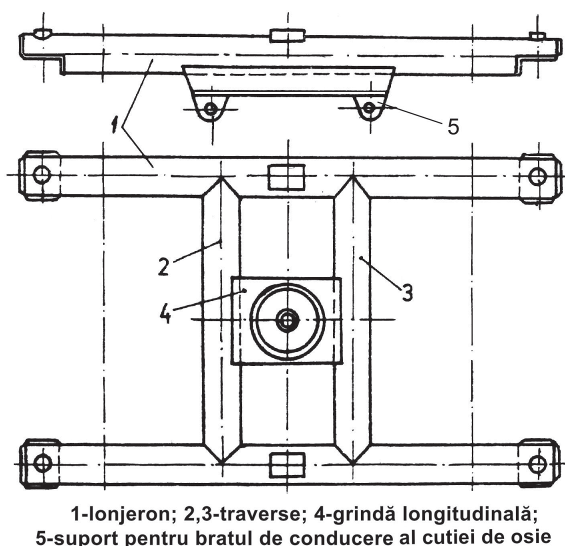


Fig. 7.2 - Rama boghiului locomotivei CFR 060-EA

ele se execută de construcție uşoară, iar la unele boghiuri grinzile de capăt lipsesc, rama având formă de H (figura 7.3). Bineînțeles că în acest ultim caz, rigiditatea ramei trebuie realizată prin celelalte grinzi transversale.



1-lonjeron; 2,3-traverse; 4-grindă longitudinală; 5-suport pentru brațul de conducere al cutiei de osie

Fig. 7.3

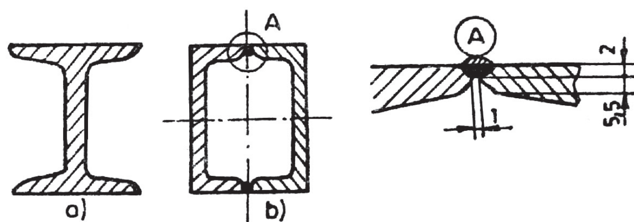


Fig. 7.4

Unul din elementele principale ale ramei boghiului este **lonjeronul**, care pentru a avea moment de inerție mare şi greutate mică se realizează fie din profile laminate (de obicei I cu tălpi late), fie sub formă de construcție sudată cu pereți subțiri, având secțiune **cheson**.

În construcția de boghiuri se întâlnesc următoarele tipuri de lonjeroane:

- profil I laminat cu tălpi late (figura 7.4 a);
- cu secțiune cheson formată din două elemente laminate (figura 7.4 b) sau ştanțate (figura 7.5);
- cu secțiune cheson, construcție sudată (figura 7.6).

La vehiculele de greutate şi viteză mică, lonjeroanele se confecţionează din ţevi (figura 7.3), construcţie întâlnită la rama boghiului de la locomotivele diesel-hidraulice de 350CP.

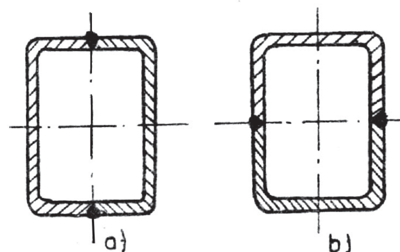


Fig. 7.5

Utilizarea profilelor laminate reduce preţul de cost al ramei, însă greutatea ei este mai mare în comparaţie cu rama de aceeaşi rezistenţă confecţionată din profile ştanţate cu secţiune cheson datorită utilizării mai puţin raţionale a materialului.

Profilele laminate sau ştanţate pentru tipurile de secţiuni din figurile 7.4a şi 7.5 sunt asamblate prin cusături sudate situate, fie în axa de simetrie verticală (figura 7.4b şi 7.5a), fie în axa de simetrie orizontală (figura 7.5 b) a secţiunii transversale. Plasarea cusăturii sudate în axa de simetrie orizontală este preferabilă. În primul rând aceasta se găseşte în zona tensiunilor normale mici şi de aceea defectele neînsemnate nu pot avea o influenţă esenţială asupra rezistenţei la oboseală. În al doilea rând, la sudarea pe tălpi a unor eclise, a ghidajelor cutiei de osie, a talerelor sau suporţilor suspensiei şi timoneriei de frână se evită intersecţia cordoanelor de sudură, extrem de nefavorabile la funcţionarea ramei sub sarcini variabile.

Asamblarea prin sudură a profilelor laminate se poate face în mai multe variante. Dacă profilele laminate (de exemplu profilele U) se asamblează fără prelucrarea marginilor, cusătura sudată este nepătrunsă, iar pe porţiunea nodurilor de fixare a diferitelor suporturi, partea rămasă din cusătură, după formarea unei suprafeţe plane a tălpii, are o influenţă mică (figura 7.4b, detaliul A). De asemenea, la o astfel de variantă de sudare, practic nu este posibilă executarea unei cusături de calitate. După datele încercărilor pe lonjeroane în mărime naturală, coeficientul efectiv global de concentrare a tensiunilor este:

$$K_{\sigma} = \sigma_{-1} / \sigma_{-1k} = 5,9$$

în care: σ_{-1} este rezistenţa la oboseală determinată pe epruvete fără concentratori pentru ciclul simetric;

σ_{-1k} – rezistenţa la oboseală.

Prelucrarea marginilor profilelor laminate pe toată lungimea lonjeronului, în vederea obţinerii unei cusături sudate de calitate este neeconomică. De aceea, asemenea tipuri de lonjeroane nu sunt recomandate în practică.

O concentrare minimă a tensiunilor se obţine în secţiunile realizate din profile ştanţate, care au muchiile rotunjite (figura 7.5).Dezavantajul acestor

lonjeroane constă în faptul că o creştere a capacităţii portante este posibilă prin mărirea grosimii profilelor sudate, a înălţimii secţiunii sau prin sudarea ecliselor de consolidare. În cazul primelor două variante materialul pereţilor nu este utilizat raţional, iar la a treia variantă eclisele reduc rezistenţa la oboseală.

Lonjeroanele cu secţiune cheson construcţie sudată (figura 7.6) se caracterizează printr-un număr mare de cusături sudate care leagă pereţii verticali de cele două tălpi, ceea ce măreşte probabilitatea apariţiei sudurilor nepătrunse şi a altor defecte care duc la micşorarea rezistenţei la oboseală. Avantajul principal al acestui tip de secţiune îl constituie utilizarea mai raţională a materialului. Creşterea capacităţii portante a secţiunii se realizează prin utilizarea tălpilor de grosime mai mare decât a pereţilor verticali.

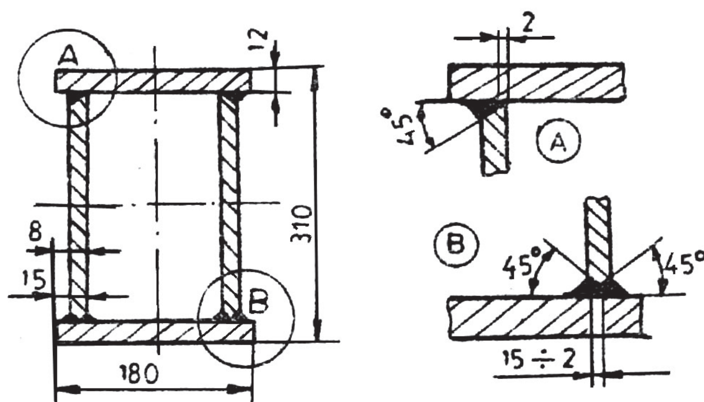


Fig. 7.6

Cea mai reuşită secţiune de acest tip din punct de vedere a rezistenţei la oboseală, se obţine prin executarea cusăturilor sudate pe ambele părţi cu prelucrarea marginilor pereţilor verticali (figura 7.6, detaliul B). Cusătura de colţ pe o singură parte, cu condiţia prelucrării marginilor, este admisă în zona de compresiune (detaliul A).

Coeficientul efectiv global de concentrare a tensiunilor al acestui tip de secţiune este $K_\sigma = 3{,}3$.

Construcţia **grinzilor transversale** depinde în primul rând de rolul lor. În general traversele puternic solicitate sunt în construcţie sudată, cu secţiune cheson. Cele mai puţin solicitate se confecţionează din profile I laminate sau construcţie sudată, din profile U laminate şi mai rar din ţevi.

Rezultatele încercărilor efectuate pe diferite tipuri de rame, au arătat că rezistenţa la oboseală a ramei în ansamblu, cât şi a diferitelor elemente ale ei depinde într-o măsură însemnată şi de soluţionarea constructivă şi tehnologică a nodurilor de îmbinare ale lonjeroanelor cu traversele, ale diferitelor suporturi

cu elementele ramei, ale ghidajelor cutiilor de osie cu lonjeroanele etc.

Câteva variante de realizare constructivă a nodurilor de îmbinare ale lonjeroanelor cu traversele se arată în cele ce urmează:

– lonjeron profil I laminat – traversă intermediară în construcție sudată cu secțiune cheson (figura 7.7 a);

– lonjeron profil I laminat – traversă de capăt în construcție sudată cu secțiune cheson (figura 7.7 b);

– lonjeron şi traversă intermediară, ambele construcție sudată cu secțiune cheson (figura 7.8 a);

– lonjeron cu secțiune cheson – traversă intermediară cu secțiune I, ambele construcție sudată (figura 7.8 b);

– lonjeron şi traversă de capăt, ambele construcție sudată cu secțiune cheson (figura 7.8 c).

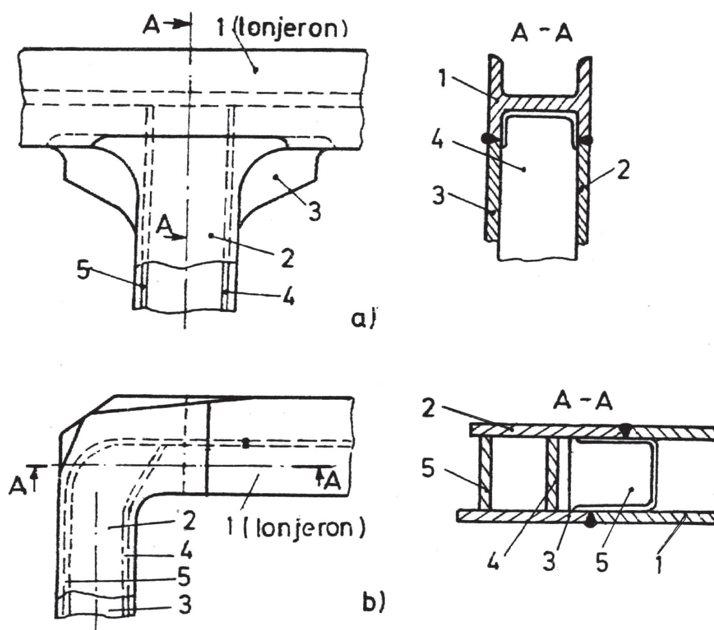
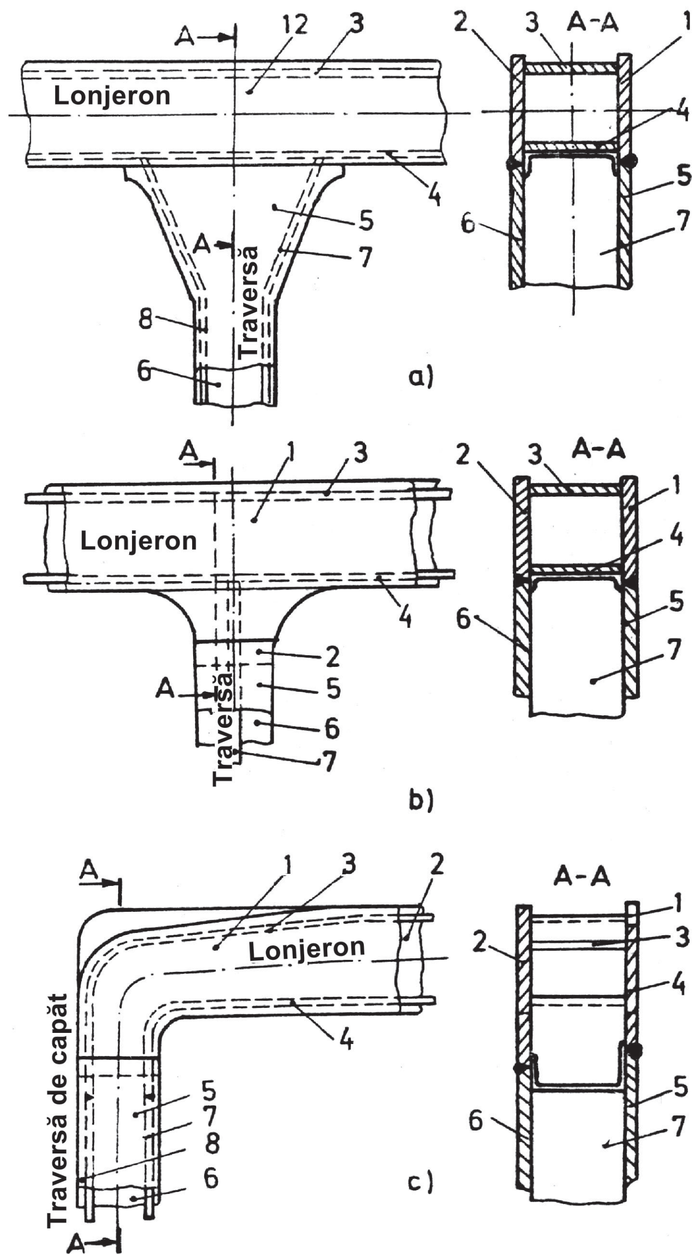


Fig. 7.7

În figurile 7.7 şi 7.8 cifrele arabe indică elementele componente ale ansamblului longeron, traversă intermediară şi traversă de capăt din construcția ramei boghiului (platbenzi, profile laminate, guseuri, elemente de rigidizare etc.).



A
12
3
Lonjeron
4
5
A
7
Traversă
8
6
a)
2
3
A-A
1
4
5
6
7
A
1
3
Lonjeron
4
2
A
5
6
7
Traversă
b)
2
3
A-A
1
4
6
5
7
A
1
3
2
Lonjeron
4
Traversă de capăt
5
7
8
6
A
c)
A-A
1
2
3
4
5
6
7

Fig. 7.8

8. SISTEMELE DE LEGĂTURĂ DINTRE BOGHIURI ŞI CUTIA VEHICULULUI

8.1. Funcţiile şi clasificarea sistemelor de legătură

Sistemele de legătură între boghiuri şi cutie îndeplinesc următoarele funcţii de bază:

– asigură rotirea în plan orizontal a boghiurilor faţă de cutia vehiculului, la trecerea prin curbe. Fiecare boghiu trebuie să aibă propriul ax vertical de rotire, care poate fi materializat (prin crapodină sau pivot) sau poate fi doar fictiv;

– permit rotirea fiecărui boghiu în jurul unei axe orizontal - transversale (faţă de cale) pentru ca acesta să poată urmări variaţiile de declivitate ale liniei;

– permit fiecărui boghiu rotirea în jurul unei axe orizontal-longitudinale (faţă de cale) pentru a putea urmări neregularităţile şinelor;

– asigură transmiterea de la cutie la boghiuri a forţelor verticale în mod elastic (în cazul existenţei treptei a doua de suspensie), transmiterea reciprocă a forţelor transversale, forţelor de tracţiune şi de frânare şi în general a forţelor orizontale dintre cutie şi boghiuri;

– asigură repartizarea uniformă a sarcinilor pe roţi cu abateri cât mai mici de la această repartizare în regim de tracţiune şi de frânare;

– asigură stabilitatea ansamblului cutie-boghiu.

Pentru asigurarea unei calităţi de rulare cât mai bună, în mod special la înscrierea în curbă, se dă cutiei posibilitatea de a se deplasa lateral în raport cu boghiurile. Această deplasare reduce simţitor masa care participă în primul moment la preluarea şocurilor de la cale datorită schimbării direcţiei de mers.

Legătura trebuie să asigure atât această deplasare precum şi readucerea cutiei în poziţie mijlocie după încetarea acţiunii forţelor care au determinat deplasarea respectivă. Readucerea cutiei este realizată de forţele laterale dezvoltate de dispozitivele de rapel la deviaţia transversală a cutiei faţă de boghiuri.

Multitudinea variantelor constructive ale sistemelor de legătură face ca o clasificare a lor să fie dificilă.

Principalul criteriu de clasificare se referă la materializarea axelor verticale în jurul cărora se rotesc boghiurile în plan orizontal.

Astfel reazemul central poate fi crapodină, pivot sau ax fictiv.

În plus, fiecare dintre aceste sisteme de legătură sunt diversificate în funcţie de tipul reazemelor laterale ale cutiei pe boghiuri, de tipul suspensiei vehiculului precum şi de modul de realizare a suspensiei secundare.

În paragrafele următoare se prezintă pe larg sistemele de legătură în conformitate cu criteriile enunţate.

8.2. Sistemele de legătură cu o singură crapodină pe boghiu

8.2.1. Tipuri de reazeme

La vehiculele fără suspensie între cutie şi boghiuri, cutia se reazemă pe boghiuri prin intermediul crapodinei şi a reazemelor laterale.

Construcţia schematică a crapodinei se prezintă în figura 8.1 în cele două variante de bază: crapodină plană (figura 8.1 a) şi crapodină sferică (figura 8.1 b).

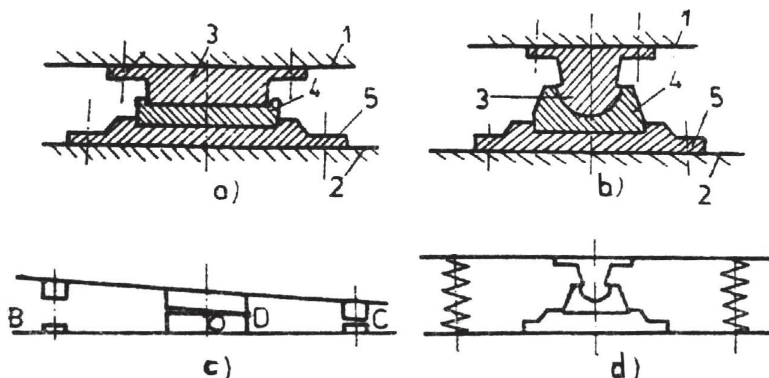


Fig. 8.1

Reazemul central sub formă de crapodină plană se compune din: crapodina superioară 3 care se fixează pe şasiul 1 al cutiei, crapodina inferioară 5 care se fixează pe traversa 2 a boghiului şi suportul 4 al crapodinei.

Reazemul central sub formă de crapodină sferică are crapodina superioară 3 sub formă sferică, care se sprijină pe suportul 4 al crapodinei. Crapodina inferioară 5 are suprafaţa inferioară fie plană, fie sferică. Suprafeţele suportului 4 au forma corespunzătoare suprafeţelor crapodinelor cu care vin în contact.

Crapodina sferică materializează o cuplă cinematică de clasa 3 şi permite rotirea boghiului în jurul tuturor celor trei axe de coordonate, fără a crea momente de readucere a cutiei în poziţia iniţială. Din această cauză, la rezemarea cutiei pe boghiuri prin intermediul crapodinelor sferice, este necesar să se utilizeze reazeme laterale elastice, cu o pretensionare oarecare, care, prin momentul creat la înclinarea cutiei, să o readucă în poziţia iniţială (orizontală) (figura 8.1 d).

Crapodina plană permite rotirea liberă a boghiului faţă de cutie numai în jurul axei verticale. Totuşi la înclinarea cutiei faţă de boghiu ca urmare a acţiunii forţelor transversale (forţa centrifugă, presiunea vântului etc.) punctul de aplicare al greutăţii cutiei se deplasează din centrul O înspre punctul D (figura 8.1 c). Pentru evitarea răsturnării cutiei la înclinări mari, se prevăd reazemele laterale B şi C, cu care şasiul cutiei nu vine în contact în starea de repaus sau la înclinări

mici. Reazemele laterale B şi C, construite sub formă de limitatoare, pot fi înlocuite cu reazeme suplimentare elastice.

În figura 8.2 se prezintă construcţia unei crapodine sferice. Crapodina superioară 1 se sprijină pe crapodina inferioară 2 prin intermediul plăcii de uzură 3. Etanşarea crapodinei se face cu inelele din pâslă 5 şi 6, deoarece construcţia trebuie să fie prevăzută cu posibilitatea de ungere şi de păstrarea a lubrifiantului curat pe suprafeţele de frecare. Întrucât acest tip de reazem are forma unei calote sferice, nu poate transmite forţe orizontale mari şi de aceea cele două crapodine sunt legate prin bulonul 4 şi contralagărul 7.

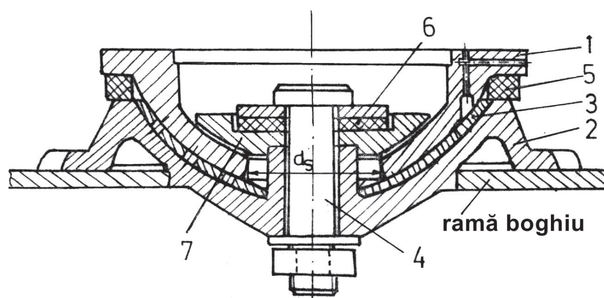


Fig. 8.2

Bulonul 4 mai are rolul de a asigura cutia vehiculului contra aruncării de pe boghiuri. Diametrul d_s trebuie să aibă o valoare suficientă faţă de diametrul butucului crapodinei inferioare, pentru a nu împiedica mişcările de ruliu ale cutiei faţă de boghiu.

Atât crapodina plană, cât şi crapodina sferică, preiau şi transmit boghiului atât forţele orizontal-longitudinale şi transversale cât şi forţele verticale.

Stabilitatea transversală a cutiei este asigurată de reazemele laterale.

După modul de preluare a sarcinii verticale de la cutie, reazemele laterale se deosebesc din punct de vedere constructiv. Astfel la vehiculele motoare cu greutate mare, reazemele laterale preiau în permanenţă o parte din greutatea cutiei. La vagoane (în marea majoritate a construcţiilor) şi la locomotivele cu greutate mică reazemele laterale nu preiau din greutatea cutiei decât atunci când cutia se înclină sub acţiunea forţelor transversale.

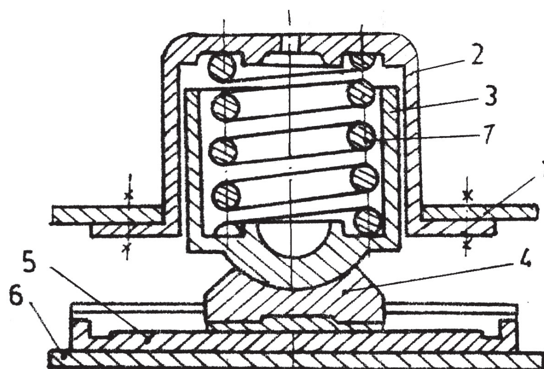


Fig. 8.3

În figura 8.3 se arată schema unui reazem lateral care preia în permanenţă o

parte din greutatea cutiei, micşorând astfel sarcina verticală preluată de către crapodină. Talerul 2 este fixat pe şasiul cutiei 1, iar talerul inferior 3, care are suprafaţa inferioară sferică, se reazemă pe segmentul 4. Acest segment poate culisa în placa-suport 5, solidarizată cu rama boghiului 6 (lonjeron). Aceste tipuri de reazeme trebuie să fie întotdeauna elastice, de aceea între talerele 2 şi 3 se montează arcul elicoidal 7. În locul arcului elicoidal se pot utiliza şi alte elemente elastice.

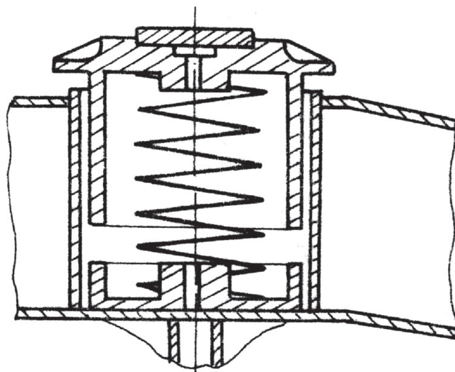


Fig. 8.4

Schema unui reazem suplimentar, elastic, folosit pentru limitarea înclinărilor laterale ale cutiei vehiculului este prezentată în figura 8.4. Reazemul este montat pe rama boghiului, între el şi cutia vehiculului fiind un joc. Mărimea acestui joc are mare influenţă asupra siguranţei circulaţiei. La vagoanele de călători se consideră normale jocuri de 3…5mm între reazemul lateral şi şasiul cutiei.

Din punctul de vedere constructiv acest tip de reazem se deosebeşte de cel din figura 8.3 prin faptul că reazemul în sine nu are posibilitatea de deplasare (culisare) faţă de rama boghiului (această deplasare este asigurată, la reazemul din figura 8.3, de piesele 4 şi 5). Tot din categoria reazemelor folosite pentru limitarea înclinărilor laterale ale cutiei intră şi reazemele laterale rigide. Ele pot fi simple opritoare (la vehiculele de greutate mică şi viteză mică) sau aşa cum se arată în figura 8.5 prin forma sferică a segmentu-lui 1 şi a suportului 2, asigură rotirea liberă a boghiului în jurul axei longitudinale şi a axei transversale. Pentru micşorarea sarcinii verticale preluată de crapodină şi pentru asigurarea distribuirii uniforme a sarcinilor pe osiile boghiului, când prin poziţia crapodinei nu se realizează această condiţie de bază, se amplasează în axa longitudinală a boghiului un reazem suplimentar elastic.

Construcţia unui astfel de reazem este prezentată în figura 8.5. Pe traversa 1 a şasiului cutiei se fixează placa 2 cu ghidajul cilindric 3. Pe traversa boghiului se fixează placa de uzură 6 pe care culisează suportul 4, după o anumită rază r_1 (figura 8.8 d). Între suportul 4 şi placa 2 se găseşte elementul elastic 5 (în cazul prezentat – cauciuc).

Reazemele centrale sub formă de crapodină şi reazemele laterale trebuie să asigure transmiterea forţelor orizontale şi verticale de la cutie la boghiu, fără să

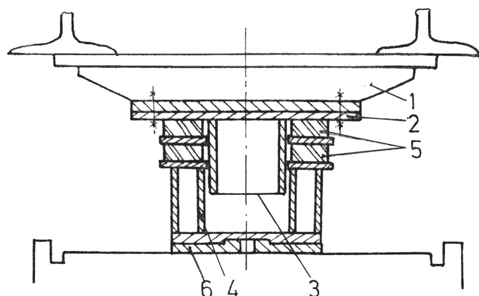


Fig. 8.5

îngreuneze rotirea liberă a boghiurilor față de cutie, în special la înscrierea în curbe. În acest scop prin construcția reazemelor trebuie să se mențină forța de frecare în anumite limite la rotirea boghiurilor față de cutie, deoarece o forță de frecare mare poate duce la deraiere la întrarea sau ieşirea din curbe, iar o forță de frecare foarte mică nu reduce şerpuirea boghiurilor la mişcarea în aliniament.

Boghiurile care utilizează crapodine cu reazem central pot avea următoarele construcții după modul de transmitere a sarcinilor de la cutie la rama boghiului:

– cutia vehiculului se reazemă neelastic pe traversa boghiului (prin intermediul crapodinei) (figura 8.6 a). Această traversă a boghiului se mai numeşte şi traversa crapodinei;

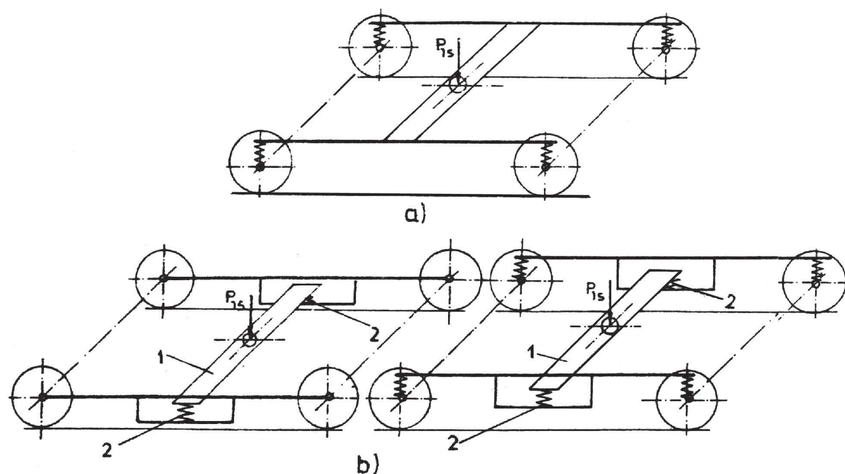


Fig. 8.6 (a şi b)

– cutia vehiculului se reazemă pe traversa 1 care se sprijină elastic prin intermediul arcurilor 2 fie direct pe rama boghiului (figura 8.6 b), fie pe leagănul 3 care este suspendat prin suspensorii 4 de traversa 5 a ramei boghiului (figura 8.6 c, d). Traversa 1 pe care se montează crapodina şi reazemele laterale se numeşte traversă dansantă.

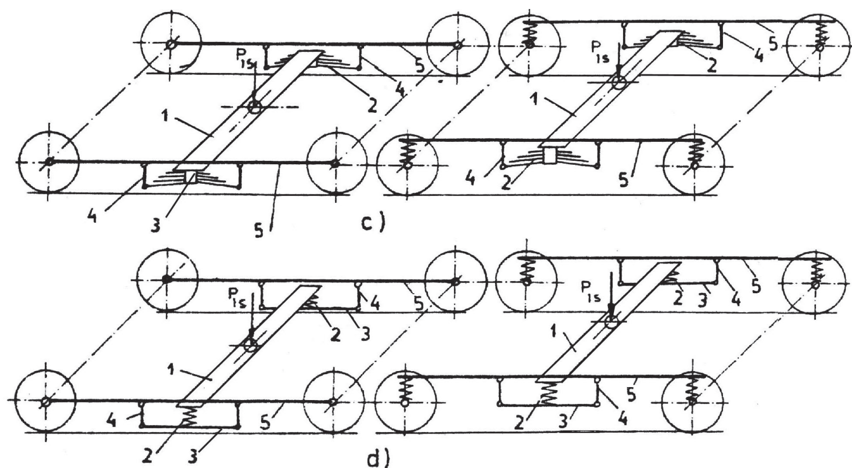


Fig. 8.6 (c şi d)

Pentru limitarea deplasărilor transversale ale traversei dansante 1 (figura 8.7 a şi b), se întrebuinţează un element elastic suplimentare 2 a cărui caracteristică trebuie să fie progresivă pentru a putea prelua elastic şi deplasările transversale mari.

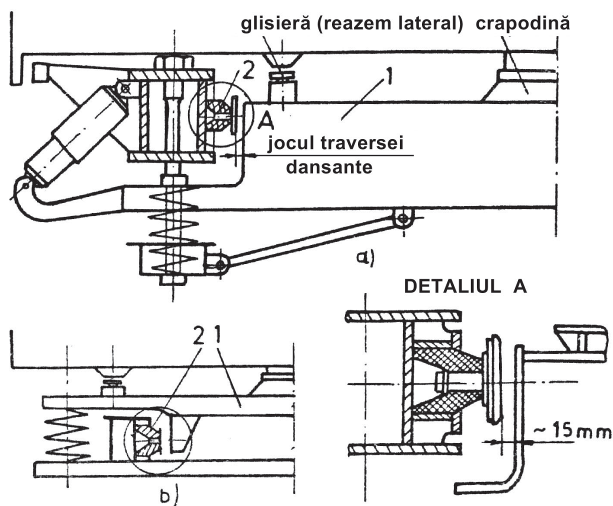


Fig. 8.7

Construcţiile de reazeme prezentate permit realizarea unei game foarte largi de sisteme de legătură dintre cutie şi boghiuri.

8.2.2. Soluții constructive de sisteme de legătură cu o crapodină pe boghiu

Sistemele de legătură dintre cutie şi boghiuri cu o singură crapodină pe boghiu sunt prezentate în figura 8.8. Pentru simplificare s-a luat în considerare un singur boghiu.

Schema din figura 8.8 poate fi considerată universală. Elementele principale ale ei sunt crapodina A şi două reazeme laterale B şi C. Crapodina poate fi plană sau sferică. Reazemele B şi C sunt elastice, conținând de obicei arcuri elicoidale. Ele se montează în culise care alunecă pe o circumferință de rază r cu centrul în punctul A, pentru a da posibilitatea păstrării contactului dintre cutie şi boghiu la rotirea boghiului față de cutie.

Reazemele laterale elastice B şi C îndeplinesc următoarele funcții de bază:

– Asigură stabilitatea transversală a cutiei şi readuc cutia în poziția inițială la înclinarea ei. Momentul de readucere se realizează prin încărcarea suplimentară a arcului din reazemul spre care se înclină cutia şi descărcarea arcului opus.

– Stabilesc centrul fictiv de rezemare a cutiei pe boghiu, adică punctul O de aplicare a rezultantei forțelor verticale care acționează în punctele A, B şi C. Într-adevăr, cota parte a sarcinii verticale care revine reazemelor elastice B şi C poate fi reglată prin comprimarea corespunzătoare a arcurilor pe care acestea le conțin. În felul acesta prin reglarea arcurilor, centrul efectiv O poate fi deplasat în interiorul triunghiului de reazem ABC, în orice poziție. Deoarece arcurile din reazemele elastice B şi C trebuie să fie identice, pentru asigurarea repartizării uniforma a sarcinilor pe roțile boghiului, punctul O de deplasează, pe axa longitudinală de simetrie a locomotivei, pe segmentul AD. De obicei, reazemele elastice laterale preiau 20…30% din jumătatea greutății cutiei locomotivei.

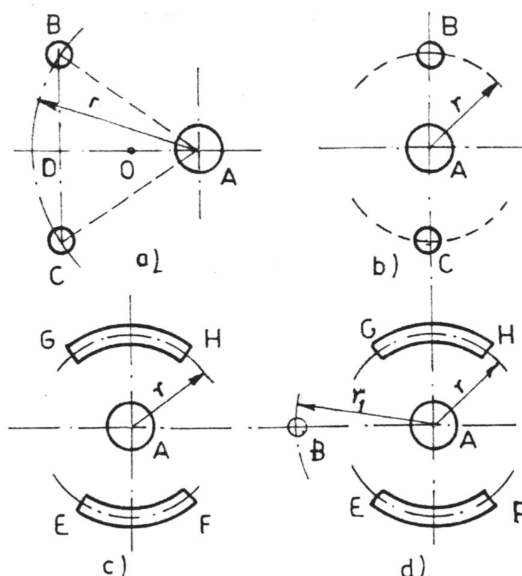


Fig. 8.8

Posibilitatea deplasării centrului fictiv O creează avantaje importante la dimensionarea optimă a boghiurilor, în special celor

destinate vehiculelor motoare, deoarece materializarea punctului O depinde de poziția traversei crapodine, care la rândul ei depinde de poziționarea motoarelor electrice în boghiu sau de poziționarea atacurilor de osie (la locomotivele diesel-hidraulice).

În figura 8.8 b se prezintă un caz particular al sistemului principal din figura 8.8 a, care se obține prin aducerea reazemelor elastice pe axa transversală care trece prin crapodina A. Această variantă nu permite deplasarea centrului O prin reglarea arcurilor reazemelor elastice.

Preluarea în totalitate de către crapodina A a sarcinii transmisă de cutie se poate realiza prin schema de reazeme din figura 8.8 c. Pe traversa ramei boghiului care se află sub crapodină se fixează patru role, câte două pe fiecare parte. Deasupra rolelor, la distanță de circa 5mm, se montează pe cutia vehiculului segmentele circulare plane GH şi EF. La înscrierea în curbe cutia se înclină şi se sprijină pe cele două role aflate în partea din spre exteriorul curbei. Rolele asigură rotirea uşoară a boghiului față de cutie. În construcția descrisă crapodina se execută sferică. În cazul când se foloseşte o crapodină plană, rolele se înlocuiesc cu segmente circulare, identice cu cele care se montează pe cutia vehiculului.

Un caz particular al schemei din fig 8.8 c îl constituie schema din figura 8.8 d. În afară de crapodina A, pe axa longitudinală a boghiului se mai montează reazemul elastic B. Pentru stabilitatea transversală se prevăd segmentele plane circulare GH şi EF sau un dispozitiv cu role.

8.3. Sistemele de legătură cu pivot

8.3.1. Tipuri de reazeme

Pivotul este un reazem central care joacă rolul de ax vertical în jurul căruia se roteşte boghiul în plan orizontal la circulația în curbe. Pivotul poate prelua şi transmite numai forțe orizontale (longitudinale şi transversale), dar nu participă la transmiterea forțelor verticale de la cutie la boghiu. Forțele verticale sunt preluate de la cutie numai de reazemele laterale elastice. La vehiculele la care cutia se reazemă elastic direct pe boghiu (prin intermediul suspensiei) pivotul trebuie să asigure deplasarea pe verticală a cutiei în raport cu boghiul. Pe lângă condițiile de mai sus, pivotul mai trebuie să asigure următoarele grade de mobilitate ale boghiului sau cutiei:

– rotația boghiului în jurul axei orizontale transversale;

– rotația boghiului în jurul unei axe orizontal longitudinale;

– deplasarea laterală (în lungul axei orizontal-transversale) a cutiei în raport cu boghiul, la vehiculele la care se urmăreşte asigurarea unei calități de rulare ridicate, în special la înscrierea în curbe.

Construcția reazemului central de tip pivot, utilizat la locomotivele diesel-electrice CFR 060-DA se prezintă în figura 8.9. Pivotul central 1, prin care se

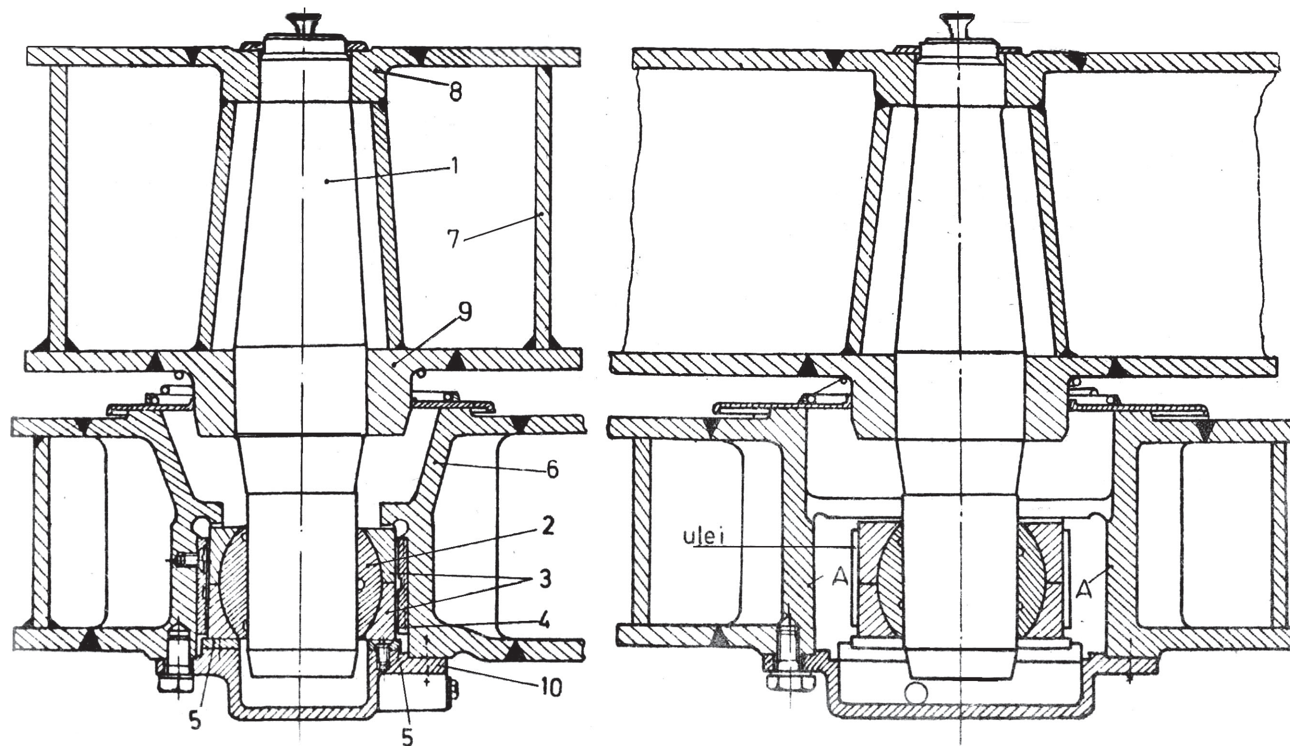


Fig. 8.9

transmit forțele orizontale, este presat cu capătul superior în bucşele 8 şi 9 din grinda pivot 7 a şasiului. Lagărul pivotului este montat în suportul lagărului 6 (asamblat în grinda pivot a ramei boghiului). Lagărul se compune din bucşa sferică 2, semicuzineții 3 şi plăcile de glisare 4 şi 5. Bucşa sferică 2, confecționată din bronz, asigură rotirea boghiului în orice direcție. Bucşa sferică se montează în semicuzineții 3, confecționați din oțel carbon cu suprafețele de lucru cementate. Bucşa sferică este montată în semicuzineți cu un joc de 0,17…0,54mm. Pentru evitarea uzurii suportului 6, pe pereții lui frontali interiori unde acționează forțele longitudinale sunt prinse plăcile de glisare (patinele) 4 confecționate din bronz. Între semicuzineți şi patinele laterale există un joc de circa 1mm.

Lagărul pivotului trebuie de asemenea să permită deplasarea laterală a cutiei față de boghiu (locomotiva fiind prevăzută cu un dispozitiv de rapel cu leagăn) astfel încât pivotul să nu preia forțele orizontal-transversale dintre cutie şi boghiuri. Aceste forțe trebuie să se transmită prin leagăn. Jocul lateral al pivotului trebuie să fie mai mare decât deplasarea laterală posibilă a cutiei pentru ca semicuzineții să nu lovească pereții laterali A ai locaşului pivotului.

Lagărul pivotului, prin semicuzinetul său inferior, se sprijină pe capacul 10 prin intermediul a două plăci de bronz 5 fixate pe capac, pentru evitarea uzurii suprafețelor capacului la deplasarea transversală a cutiei.

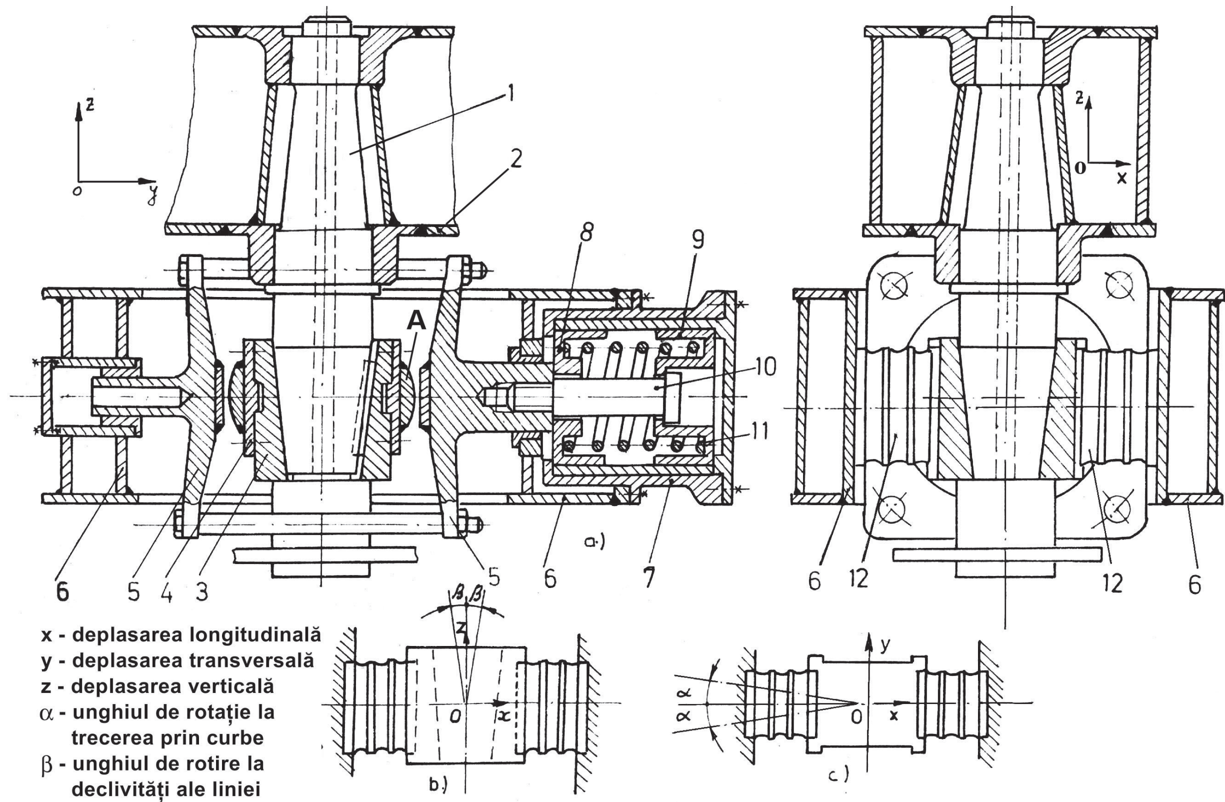
Reazemele laterale elastice, având şi rolul celei de a doua trepte de suspensie, permit deplasarea pe verticală a cutiei față de boghiu cu un anumit joc. Prin urmare lagărele pivotului trebuie să permită această deplasare pe verticală, fără să o limiteze (pentru ca pivotul să nu participe la transmiterea sarcinii verticale). De aceea capătul inferior al pivotului, cu suprafața cementată şi şlefuită, se montează în bucşa sferică 2 cu joc (0,145…0,270mm), permițând astfel deplasarea pe verticală a pivotului în raport cu boghiul. Pentru asigurarea ungerii suprafețelor de frecare, locaşul pivotului serveşte ca baie de ulei. Uleiul se introduce de la partea de sus a pivotului (din interiorul cutiei), în care scop pivotul este găurit.

Această construcție a pivotului permite deplasarea laterală a cutiei, dar nu creează forțe de readucere a cutiei în poziție medie.

O construcție de pivot care creează forțe de readucere a cutiei în poziție medie este arătată în figura 8.10.

Pivotul 1 este presat în grinda pivot 2 a şasiului cutiei. La capătul inferior al pivotului se montează lagărul 3 şi flanşa 4. În traversa 6 a ramei boghiului este fixată carcasa 7 a dispozitivului de rapel.

La deplasarea laterală a cutiei (în lungul axei Oy), lagărul pivot 3 vine în contact cu jugul 5 prin intermediul flanşei 4. Jugul 5 comprimă arcul 11 care se reazemă pe talerele 8 şi 9 a căror deplasare este limitată de carcasa 7. La deplasarea laterală spre stânga a cutiei, arcul 11 este comprimat prin intermediul bulonului 10. Prin aceasta se creează forțele elastice de rapel necesare pentru readucerea cutiei în poziția medie.



z
o
y
1
2
8
9
A
10
11
6
5
4
3
5
6
7
a)
z
0
x
6
12
12
6
β β
z
0
x
b)
y
α α
0
x
c)
x - deplasarea longitudinală
y - deplasarea transversală
z - deplasarea verticală
α - unghiul de rotație la trecerea prin curbe
β - unghiul de rotire la declivități ale liniei

Fig. 8.10

Forțele longitudinale sunt preluate şi transmise elastic de pivot prin arcurile de cauciuc 12.

Rotirea boghiului în plan orizontal, la circulația în curbe (cu unghiul α, figura 8.10 c), este asigurată prin deformarea arcurilor din cauciuc 12 şi prin forma sferică a suprafețelor A ale flanşelor 4. În acelaşi mod se asigură rotirea boghiului în jurul axei transversale Oy (unghiul β, figura 8.10 b) şi a axei longitudinale Ox. Arcurile din cauciuc 12 participă şi ele la crearea unei părți din forța de rapel necesară pentru readucerea cutiei. Acest reazem central se utilizează la locomotivele diesel-electrice CFR de 4000CP.

Preluarea şi transmiterea elastică de pivot a forțelor orizontal-longitudinale se realizează şi la construcția din figura 8.11, utilizată la locomotivele diesel-hidraulice de 2400CP fabricate în țara noastră (comandă pentru fosta R.D.G.). În acest scop se utilizează arcurile din cauciuc 3 fixate în lagărul pivot 2 şi în traversa pivot 4 a ramei boghiului.

Deplasarea laterală a cutiei este limitată de tampoanele din cauciuc 5.

O parte din forța de readucere a cutiei, la deplasarea laterală a ei, este creată de arcurile din cauciuc 3 şi de tampoanele limitatoare 5 (acestea din urmă, numai la deplasări ale cutiei mai mari decât jocul s).

Rotirea boghiului în jurul axei Oz (cu unghiul α), în jurul axei Oy (cu unghiul β) şi în jurul axei Ox este asigurată prin deformația arcurilor 3.

Reazemele laterale ale cutiei sunt elastice pe boghiuri, când reazemul central este de tip pivot. Ele fie că îndeplinesc rolul treptei a doua de suspensie (suspensia dintre cutie şi boghiu), fie că se sprijină pe arcurile acestei suspensii.

La vehiculele la care se utilizează dispozitive de rapel cu leagăn, cum este cazul locomotivelor diesel-electrice 060-DA, sarcina verticală se transmite de la cutia 1 la cele două reazeme laterale 2 montate în legătura arcului în foi 3 (figura 8.12). Arcurile în foi sunt articulate la capetele lor cu balansierii 4 ai leagănului. Fiecare balansier este suspendat de lonjeroanele 6 ale ramei boghiului prin suspensoarele 5 care transmit sarcina verticală la ramă. Forța de tracțiune se transmite de la traversa-pivot 8 a ramei prin pivotul 7 la grinda-pivot 9 a şasiului cutiei.

Reazemul lateral propriu-zis, montat în legătura arcului (figura 8.13) se compune din segmentul superior 1, segmentul mijlociu 2 şi segmentele inferioare 3. Toate aceste piese, lucrează în ulei, întrucât cutia 4 a legăturii de arc joacă rolul şi de baie de ulei. Cele două segmente inferioare se confecționează din oțel carbon cu suprafața cementată. Suprafața lor superioară se prezintă sub forma unui sector cilindric pentru a permite mişcarea de galop a boghiului, în scopul urmăririi de către acesta a denivelărilor căii. Evident segmentul mijlociu 2, confecționat din bronz, are suprafața inferioară, care este în contact cu segmenții 3, tot de formă cilindrică. Suprafața superioară a segmentului mijlociu are forma de V, fiind totodată curbată în sens longitudinal cu o rază r (figura 8.13 c) pentru a permite boghiului să se rotească, față de axa verticală, la circulația în

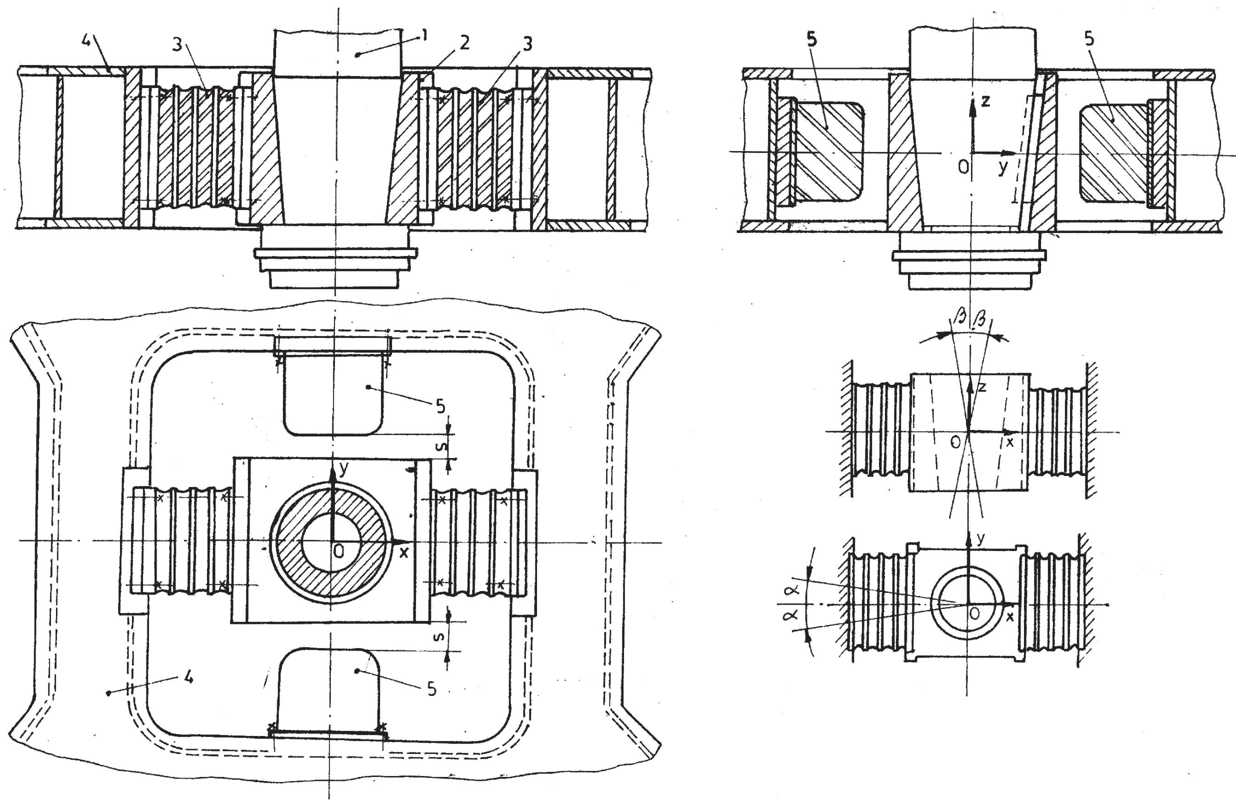


Fig. 8.11

curbe. Segmentul superior are forma corespunzătoare construcției segmentului mijlociu şi este fixat de şasiul cutiei. Prin urmare piesele 1, 2 şi 3 (figura 8.13) trebuie să fie astfel concepute încât să permită boghiului rotirea față de axa verticală (la majoritatea vehiculelor – axa pivotului) şi rotirea față de axa transversală.

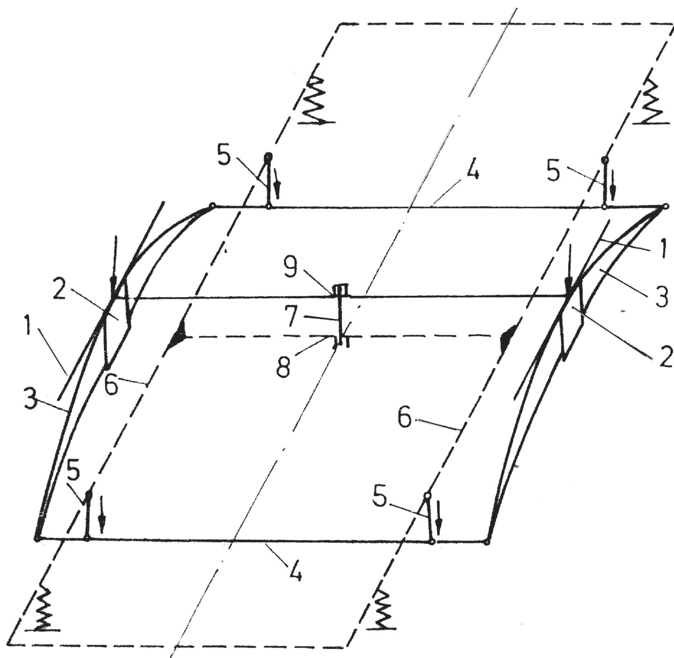


Fig. 8.12

Fiecare suspensor 5 are două articulații cu balansierul transversal 6 şi cu lonjeronul 7 al ramei boghiului (figura 8.13 b). Articulația cu balansierul transversal este alcătuită din bulonul 8, cuzinetul 9 şi adaosul de reglare 10. Acest adaos serveşte la egalizarea diferenței dintre săgețile arcurilor în foi, şi în acest sens grosimea fiecărui adaos de la cele opt articulații se stabileşte pentru fiecare locomotivă în parte.

Articulația suspensorului cu lonjeronul trebuie să permită rotirea suspensorului atât în plan vertical-transversal cât şi în planul determinat de cei doi suspensori de pe o parte a boghiului. În acest scop articulația se compune din bulonul 11, cuțitul de sprijin 13 şi piesa intermediară în formă de şa 12. Datorită acestui mod de sprijin, cutia se poate deplasa lateral față de rama boghiului cu un joc s (la locomotivele CFR 060 DA acest joc are valoarea s = 2x30mm), forța necesară de readucere a cutiei fiind realizată de leagăn. Rolul reazemelor elastice, aşa cum s-a arătat anterior, îl poate îndeplini chiar suspensia dintre cutie şi boghiuri.

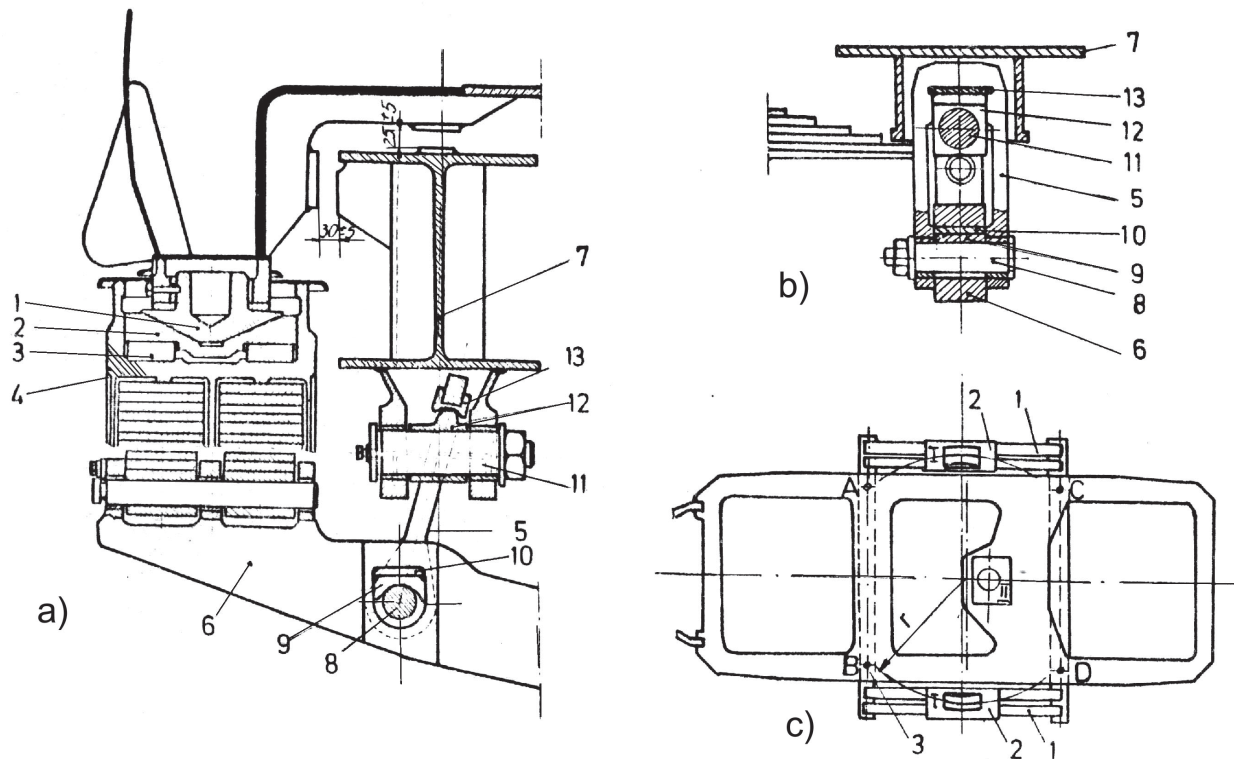


Fig. 8.13

Pentru a îndeplini rolul de reazeme laterale, această suspensie trebuie să satisfacă, pe lângă condițiile impuse oricărei suspensii, şi următoarele condiții:

– să creeze la deplasarea laterală a cutiei, o parte din forța de rapel necesară readucerii cutiei la poziția medie. Valoarea maximă a forței de rapel creată de suspensia secundară trebuie corelată, la un tip dat de vehicul, cu construcția pivotului, adică cu valoarea maximă a forței de rapel dezvoltată de pivot;

– să creeze o forță care să micşoreze şerpuirea boghiurilor în aliniament la vehiculele la care boghiurile nu sunt cuplate între ele sau, la cele cuplate, dacă nu se satisface această condiție de către legătura dintre acestea.

Suspensia dintre cutie şi boghiuri, care îndeplineşte şi rolul de reazeme laterale şi care s-a impus prin calitățile ei, este formată din arcuri elicoidale puternice plasate deasupra lonjeroanelor boghiului sau în exteriorul lor. O astfel de soluție se utilizează şi la locomotivele diesel-electrice CFR de 4000CP, la locomotivele electrice CFR 060 EA şi la locomotivele diesel-hidraulice de 2400CP construite în țara noastră. În figura 8.14 se arată reazemul lateral al cutiei pe boghiu utilizat la locomotivele diesel-hidraulice de 2400CP. Arcurile elicoidale 2, prin intermediul cărora se transmite sarcina verticală de la şasiul 1 al cutiei la boghiu, sunt montate în exteriorul lonjeroanelor 3 ale ramei pentru a nu ridica exagerat şasiul cutiei.

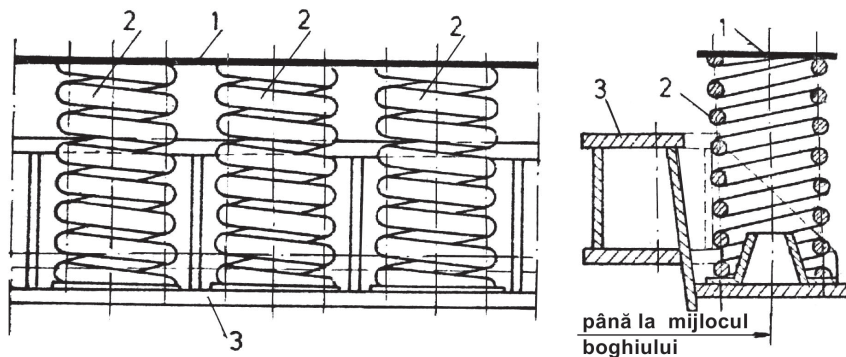


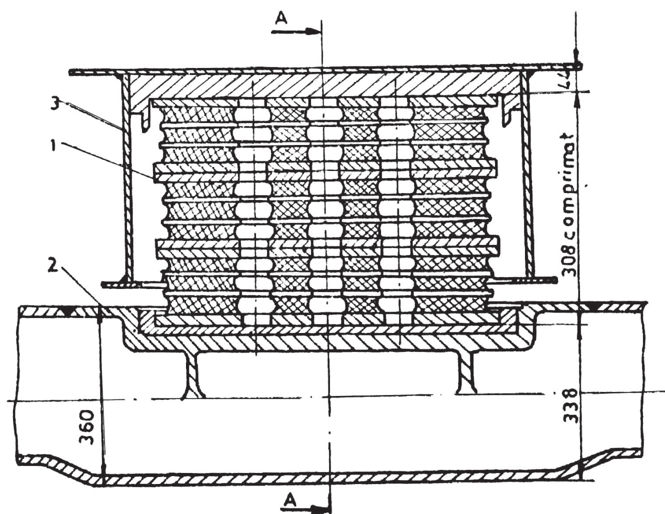
Fig. 8.14

Utilizarea arcurilor elicoidale ca reazeme ale cutiei pe boghiuri are o serie de avantaje şi anume:

– simplificarea construcției prin eliminarea reazemelor laterale suplimentare care să asigure boghiurilor gradele de libertate necesare şi prin eliminarea dispozitivelor de rapel (cu leagăn, cu role etc.);

– eliminarea pieselor de uzură necesare la celelalte tipuri de reazeme laterale şi dispozitive de rapel;

– eliminarea arcurilor în foi de dimensiuni mari, care necesită un spațiu mare, nu întotdeauna disponibil.



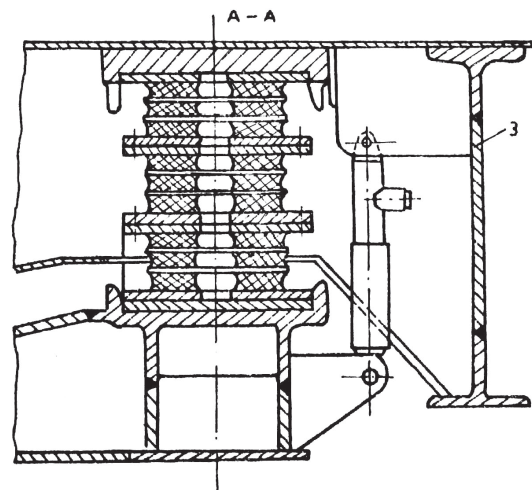


Fig. 8.15

Un alt tip de reazeme laterale care prezintă avantajele de mai sus este arătat în figura 8.15. Este format din mai multe arcuri din cauciuc 1 legate în serie. Fiecare arc este compus din straturi de cauciuc vulcanizate pe armături metalice. Întreg pachetul este montat între lonjeronul 2 al ramei boghiului şi şasiul 3. Dimensiunile pachetului de arcuri se stabilesc în funcţie de caracteristicile necesare suspensiei dintre cutie şi boghiuri, având în vedere că aceste reazeme au şi rolul de suspensie. Se utilizează la vehiculele (în special la locomotive) a căror cutie nu are posibilitatea de deplasare laterală, deci fără dispozitive de rapel. La rotirea boghiului în plan orizontal, axa de rotaţie fiind axa pivotului, forţa elastică de deformaţie a arcurilor readuce boghiul, la ieşirea din curbe, în axa longitudinală a căii. De asemenea, forţa elastică de deformaţie a arcurilor, care apare la rotirea boghiului în aliniament (ca urmare a jocului existent între roţi şi cale) se opune mişcării de şerpuire.

Construcţia pivotului la vehiculele a căror cutie nu are posibilitatea de deplasare laterală este asemănătoare soluţiilor analizate cu excepţia că lagărul pivotului nu mai are deplasare transversală. În acest caz forţele orizontal-transversale se transmit, între cutie şi boghiuri, prin pivot. Această soluţie de reazeme laterale se utilizează a locomotivele diesel-hidraulice de 1250CP şi la locomotivele diesel-electrice de 1500CP construite la noi în ţară.

În figura 8.16 se prezintă soluţia de principiu a unui reazem lateral pe role. Axul vertical 1, fixat pe şasiul 2 al cutiei, are capătul inferior de formă sferică, care se sprijină pe suportul superior 3. Sarcina verticală a cutiei se transmite de la suportul 3 prin rolele 4 la suportul inferior 5 fixat pe lonjeronul 6 al ramei boghiului. Suprafaţa superioară a suportului 5 şi suprafaţa inferioară a suportului 3 au planuri înclinate cu unghiul β. În poziţia de montaj, rolele 4 se află în poziţia neutră, transmiţând numai forţe verticale. La deplasarea relativă a cutiei faţă de boghiu, rolele ocupă poziţia indicată în figura 8.16 b, ceea ce conduce la apariţia unei forţe orizontale H de readucere, egală cu:

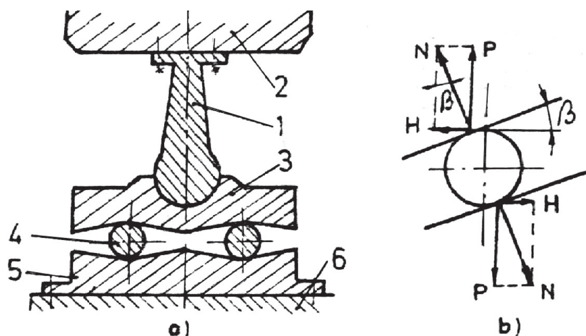


Fig. 8.16

$$H = P \cdot \text{tg}\ \beta$$

în care P este forţa verticală care revine unei role, datorită greutăţii cutiei. Unghiul β se alege de obicei $\beta \approx 2^{O}$.

Lagărul sferic format din axul 1 şi suportul 3 permite rotirea boghiului în jurul axei orizontal-transversale. Reazemul lateral cu role se montează sub un unghi α față de direcția radială (cu centrul în axa pivotului)(figura 8.18 d). Datorită acestei poziții, la rotirea boghiului în plan orizontal, apare un moment al forțelor de frecare egal cu:

$$M_f = \mu \cdot P \cdot r \cdot tg\ \alpha$$

unde μ este coeficientul de frecare. Unghiul α se alege de obicei $\alpha \approx 2^O$.

Acest moment se opune mişcării de şerpuire a boghiurilor. Construcția acestui reazem lateral este arătată în figura 8.17.

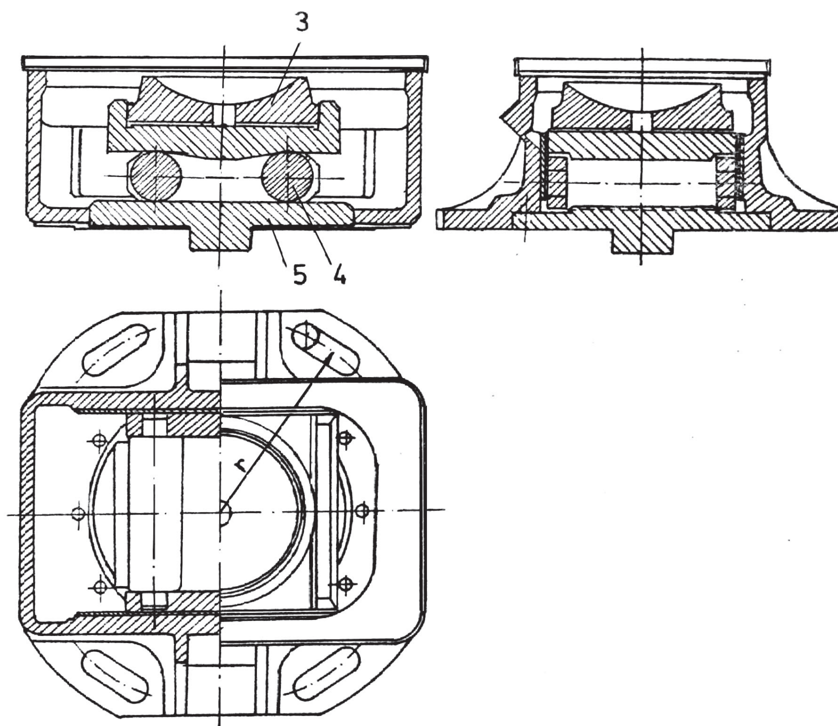


Fig. 8.17

8.3.2. Soluții constructive de sisteme de legătură cu pivot

Principalele sisteme de legătură dintre cutie şi boghiuri când reazemul principal este pivotul, sunt arătate în figura 8.18.

Varianta constructivă în care se utilizează două reazeme laterale elastice B şi C, montate pe axa transversală care trece prin centrul reazemului central A, se

arată în figura 8.18 a. Reazemele lateral elastice B şi C transmit în totalitate greutatea cutiei ce revine unui boghiu. Reazemul central transmite numai forţe orizontale (longitudinale şi transversale). Vehiculul nu este prevăzut cu dispozitive de rapel.

Dacă forţa de rapel este creată de reazemele laterale şi nu în lagărul pivotului, atunci reazemele laterale B şi C preiau şi forţele orizontal-transversale, iar pivotul preia numai forţele orizontal-longitudinale (figura 8.18 b).

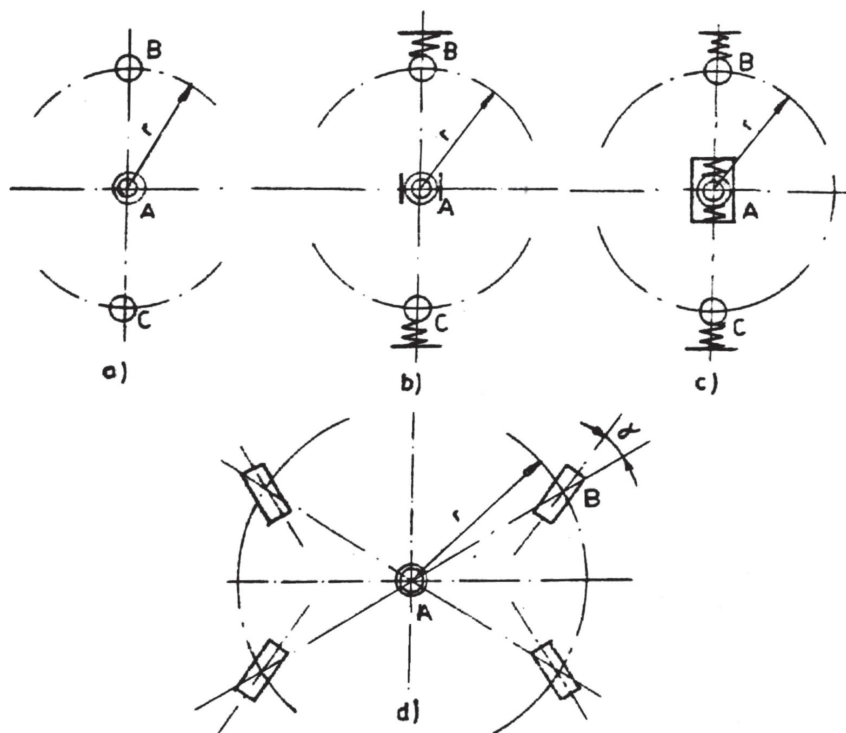


Fig. 8.18

În figura 8.18 c se arată modul de amplasare a reazemelor laterale la vehiculele la care forţa de rapel este creată atât de reazemele laterale cât şi în lagărul pivot. În acest caz reazemele laterale B şi C preiau în totalitate sarcinile verticale şi o parte din forţele orizontal-transversale. Reazemul central preia forţele orizontal-longitudinale şi partea din forţele orizontal-transversale care-i revin.

În schema din figura 8.18 d cutia se reazemă pe boghiu prin patru reazeme elastice sau rigide, aşezate în cele patru colţuri ale unui dreptunghi. În centrul de simetrie al dreptunghiului se află pivotul A, care preia forţele orizontal-

longitudinale şi transversale, dar nu şi sarcinile verticale care sunt preluate de reazemele laterale. Reazemele laterale constituie de obicei un ansamblu cu dispozitivul de rapel. În figura 8.18 d reazemele prezentate sunt executate sub formă de role (reazem rigid). Ele se aşează sub un unghi α față de axa OB.

8.4. Sistemele de legătură cu pivot fictiv

La vehiculele ale căror boghiuri se rotesc în plan orizontal în jurul unei axe fictive, forța de tracțiune şi de frânare se transmite de la boghiuri la şasiul cutiei prin bare de tracțiune. Deoarece între cutie şi boghiuri există deplasări relative, barele de tracțiune trebuie să se lege articulat de boghiuri şi cutie. În această soluție constructivă boghiurile nu sunt legate între ele sau legătura, dacă există, nu transmite forțe de tracțiune şi de frânare ci numai forțe transversale pentru influențarea reciprocă a poziției boghiurilor la circulația în curbe (cuplă elastică).

Sistemul de transmitere a forței de tracțiune prin bare de tracțiune se foloseşte la toate boghiurile la care amplasarea pivotului (sau a crapodinei) practic nu este posibilă. Bineînțeles că acest sistem se utilizează şi la alte boghiuri cu scopul coborârii punctului de transmitere a forței de tracțiune de la boghiuri la cutia locomotivei, realizându-se **sistemul de tracțiune joasă** şi, prin aceasta îmbunătățirea considerabilă a gradului de utilizare a greutății de aderență a locomotivei.

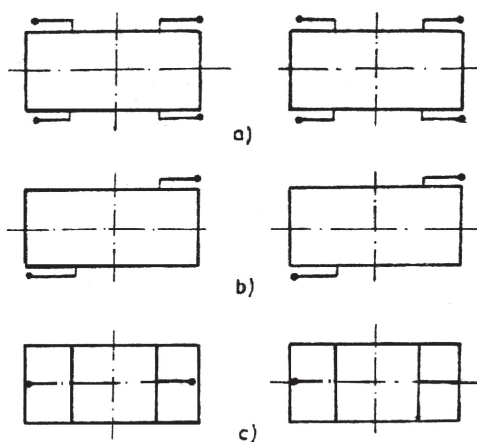


Fig. 8.19

Pentru fiecare variantă constructivă a boghiului (variante din punctul de vedere al suspensiei, al tipului de reazeme laterale şi amplasării motoarelor) se poate realiza un număr mare de variante constructive de legare a barelor de tracțiune.

În figura 8.19 se prezintă câteva variante posibile de legare a boghiurilor la cutie prin bare de tracțiune. Capetele cu cerculețe înnegrite reprezintă articulațiile barelor la şasiul cutiei. Barele de tracțiune pot fi dispuse simetric (figura 8.19 a şi c) sau asimetric (figura 8.19 b) şi sunt solicitate la tracțiune şi compresiune, sau numai la tracțiune.

Sarcina verticală a cutiei se transmite prin reazemele laterale care preiau şi transmit şi forțele orizontal-transversale între cutie şi boghiuri.

În figura 8.20 se prezintă construcția reazemelor laterale şi legăturile dintre cutie şi boghiu utilizate la locomotivele electrice CFR 060 EA. Greutatea cutiei 1 este preluată, prin intermediul arcurilor elicoidale 3, de către grinzile longitudinale 5 ale patrulaterului articulat (figura 8.20, 8.21 şi 8.23). Arcurile elicoidale, plasate simetric pe cele două părți laterale ale boghiului, formează suspensia secundară (suspensia dintre cutie şi boghiu). Grinzile 5 sunt susținute de lonjeroanele 2 ale ramei boghiului prin suspensorii 4 (câte patru pentru fiecare boghiu) articulați atât la consolele 2a cât şi la grinzile 5. Consolele 2a sunt sudate, lateral, pe lonjeroanele 2 ale ramei boghiului. Articulațiile suspensorilor 4 sunt realizate din cauciuc. Forma sferică a acestor articulații permite rotirea suspensorilor, şi deci a boghiului, în jurul celor trei axe de coordonate.

Forțele orizontal-longitudinale se transmit între boghiu şi cutie prin barele de tracțiune 6 dispuse asimetric (figura 8.20, 8.21, 8.22). Legătura acestor bare cu şasiul cutiei şi grinda 5 se face prin intermediul articulațiilor 7 şi respectiv 8 care sunt alcătuite dintr-un bulon cilindric şi silent-bloc sferic pentru a permite rotirea boghiului față de cutie în jurul celor trei axe.

Schema patrulaterului articulat este dată în figura 8.21. Grinzile longitudinale 5 sunt articulate cu barele cotite 9, articulate la rândul lor cu barele transversale 10 ale patrulaterului. De asemenea barele cotite 9 sunt legate de lonjeroanele ramei prin intermediu articulațiilor A, care permit rotirea barelor cotite în plan orizontal, în raport cu rama boghiului. Forța de tracțiune dezvoltată la obada roții se transmite de la lonjeroane prin articulațiile A şi barele cotite 9 la grinzile longitudinale 5, de la care, prin barele de tracțiune 6 la şasiul cutiei. La rotirea în plan orizontal a boghiului, patrulaterul articulat se roteşte în jurul punctelor A, centru său efectiv de rotație O rămânând practic în aceeaşi poziție. Schema întregului sistem de legătură dintre cutie şi boghiu este arătată în figura 8.22. S-au păstrat aceleaşi notații ca în figurile 8.20 şi 8.21.

Prin urmare, sarcinile verticale se transmit de la cutie la boghiu numai prin reazemele laterale, formate din arcurile elicoidale, grinzile longitudinale ale patrulaterului articulat şi suspensorilor acestor grinzi. Forțele orizontal-longitudinale se transmit între cutie şi boghiu prin patrulaterul articulat şi barele de tracțiune, iar forțele transversale – prin patrulater şi arcurile elicoidale care formează suspensia secundară a locomotivei.

8.5. Alegerea sistemului de legătură în funcție de tipul suspensiei boghiului

La alegerea soluției sistemului de legătură, pe lângă problemele legate de modul de rezemare a cutiei pe boghiuri şi de transmitere a forței de tracțiune şi de frânare de la boghiuri la cutie, trebuie să se ia în considerare şi tipul suspensiei boghiurilor, adică numărul punctelor de suspensie care determină stabilitatea

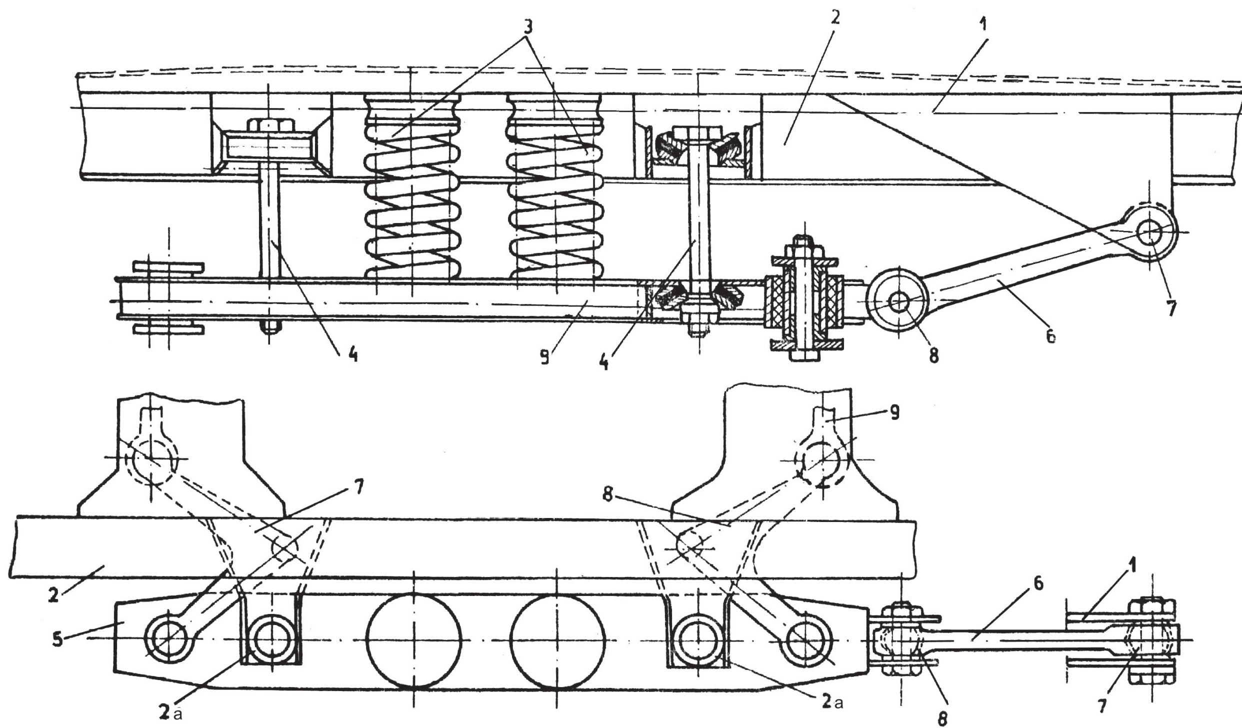


Fig. 8.20

Fig. 8.21

Fig. 8.22

boghiurilor în raport cu reacțiunile din reazemele ramei pe cutiile de osie.

Se reamintește că prin boghiu instabil se înțelege boghiul cu un singur plan vertical de suspensie, adică boghiul la care construcția suspendată a lui se sprijină pe suspensie în două puncte.

Aspectele principale ale acestei probleme, pentru câteva din variantele constructive de reazeme ale cutiei pe boghiuri sunt prezentate în figura 8.23.

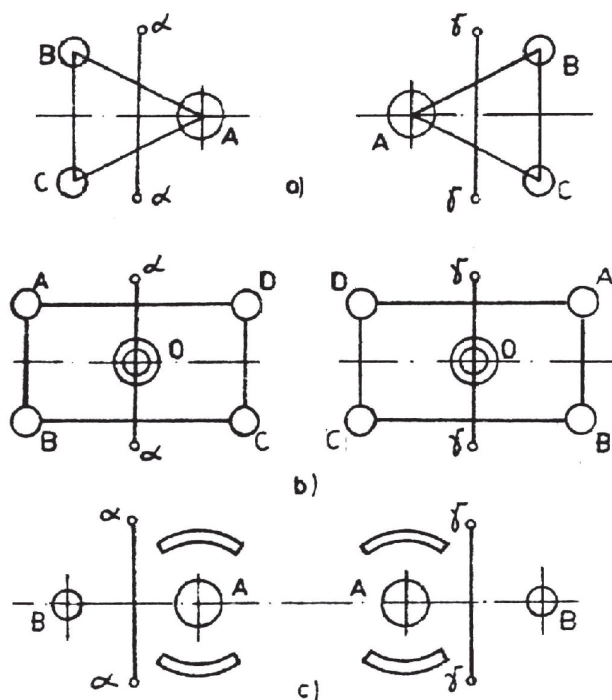


Fig. 8.23

În cazul când ambele boghiuri sunt instabile, stabilitatea lor trebuie să fie asigurată de cutia locomotivei. Cele două boghiuri instabile sunt prezentate în figura 8.23 a prin planurile lor fictive de suspensie: $\alpha-\alpha$ pentru primul boghiu şi $\gamma-\gamma$ pentru al doilea boghiu (fiecare boghiu are un sistem de suspensie în două puncte). Cutia vehiculului se reazemă pe fiecare boghiu prin câte o crapodină A şi două reazeme laterale elastice B şi C. Prin această amplasare a reazemelor, boghiul este stabil.

Stabilitatea celor două boghiuri se poate realiza şi prin patru reazeme laterale A, B, C şi D pe fiecare boghiu, amplasate în două plane verticale AB şi respectiv

CD (figura 8.23 b). Reazemele laterale pot fi elastice sau rigide. În centrul de simetrie al fiecărui dreptunghi ABCD se află montat pivotul O.

Un alt sistem de legătură prin care se realizează stabilitatea boghiurilor se arată în figura 8.23 c. Planul de suspensie α–α al boghiului se găseşte între crapodina A şi reazemul elastic B, ambele amplasate în axa longitudinală de simetrie a boghiului.

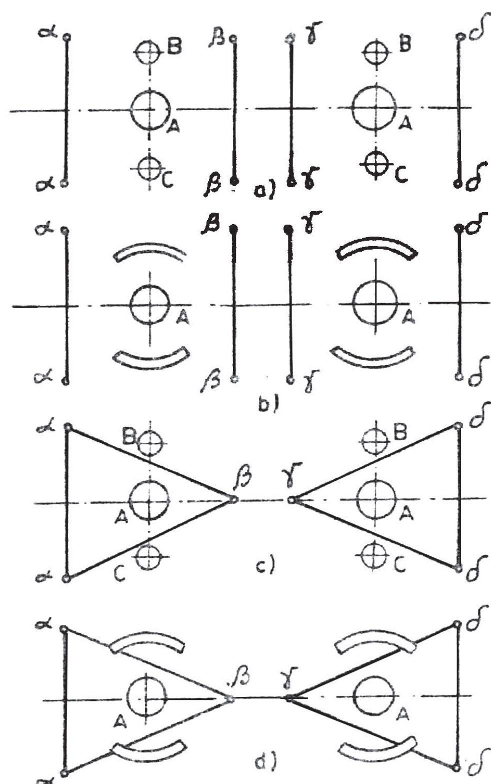


Fig. 8.24

În cazul, când ambele boghiuri sunt stabile, adică fiecare boghiu are cel puţin trei puncte de suspensie, sistemele de legătură între cutie şi boghiuri pot fi mult mai variate, deoarece nu se mai pune condiţia ca stabilitatea boghiurilor să fie asigurată prin cutie. De exemplu, în acest caz se pot utiliza variantele constructive de rezemare din figurile 8.8 b şi c şi 8.18 a, b, c, ceea ce nu este posibil în cazul boghiurilor instabile, deoarece reazemul central (când preia forţe verticale) şi reazemele laterale sunt plasate într-un singur plan vertical.

În figurile 8.24 a şi b sunt arătate două variante posibile pentru boghiurile cu patru puncte de suspensie, plasate în două plane verticale α–α şi β–β pentru un boghiu, γ–γ şi δ–δ pentru celălalt boghiu, iar în figurile 8.24 c şi d – aceleaşi variante de rezemare pentru boghiurile care au trei puncte de suspensie.

Variantele constructive prezentate nu epuizează problema. Ele constituie o exemplificare a diferitelor soluţii posibile şi scot în evidenţă aspectele principale de care trebuie să se ţină seama la alegerea modului de rezemare a cutiei pe boghiuri şi a tipului suspensiei.

9. ŞASIUL ŞI CUTIA LOCOMOTIVELOR ŞI VAGOANELOR

9.1. Generalităţi

Şasiul este ansamblul care formează baza cutiei locomotivei sau a vagonului. Pe şasiu se sprijină toate elementele componente ale cutiei locomotivei sau ale vagonului, maşinile, agregatele şi instalaţiile amplasate în cutie la locomotive şi, respectiv, încărcătura la vagoane.

La vagoanele de călători, la unele vagoane de marfă şi la locomotivele de putere mică, şasiul este un element de rezistenţă de sine stătător care preia toate solicitările la care este supus vehiculul. În acest caz, locomotiva sau vagonul se numesc cu ***şasiu portant***.

La locomotivele de putere mijlocie şi mare şi la vagoanele moderne, şasiul împreună cu cutia formează un element unic de rezistenţă. În acest caz, o parte din solicitări sunt preluate de structura de rezistenţă a cutiei. Aceste vehicule se numesc cu ***cutie autoportantă***.

La unele vehicule numai pereţii laterali sunt îmbinaţi rigid cu şasiul. În acest caz, pereţii laterali împreună cu şasiul formează un element unic de rezistenţă. Aceste vehicule se numesc cu ***şasiu şi pereţi laterali portanţi***.

Vehiculele feroviare sunt limitate din punctul de vedere al dimensiunilor transversale de gabaritul feroviar.

Din cauza restricţiilor de gabarit dimensiunile cutiei pot fi diferite numai în lungime.

Trebuie menţionat faptul că şi lungimea este limitată de condiţia înscrierii în curbă a vehiculului. Din acest motiv cutia vehiculului trebuie astfel concepută încât să asigure utilizarea cât mai raţională a gabaritelor admise.

Lungimea cutiei este limitată şi de caracteristicile de rezistenţă ale şinelor respectiv de sarcina admisă pe osie şi greutatea pe metrul liniar.

Un alt principiu de care trebuie să se ţină seama la alegerea soluţiilor constructive ale cutiei este rezistenţa mică opusă aerului în timpul mersului, care se realizează prin măsuri specifice, astfel:

– forme aerodinamice ale capetelor cutiei la locomotivele cu viteză maximă mai mare de 120km/h;

– pereţi exteriori netezi, la locomotivele şi vagoanele de mare viteză, fără piese care ies în afară sau proeminenţe care să producă vârtejuri. Acest aspect se realizează prin îngroparea în nişe a balustradelor şi scărilor, îmbrăcarea aerodinamică a proeminenţelor ce nu pot fi înlăturate, dispunerea ferestrelor şi uşilor cât mai aproape de suprafaţa peretelui exterior.

Din punctul de vedere constructiv, şasiurile pot fi: ***cu longeroane centrale*** şi ***cu longeroane laterale***.

Şasiul cu longeron central se întâlneşte, în exclusivitate, la vagoane. Vagoanele moderne se construiesc numai cu longeron central. Această variantă are două avantaje importante: este mai uşoară şi permite montarea cuplei automate centrale, fără a mai fi necesare anumite modificări constructive. La locomotive se folosesc numai şasiurile cu longeroane laterale.

9.2. Construcția şasiului locomotivelor

Realizarea locomotivelor se face după scheme de ansamblu foarte diferite, care pot fi împărțite în două grupe:

1) Locomotive ale căror osii sunt fixate direct într-un şasiu rigid, care reprezintă în acelaşi timp şi baza de susținerea a instalațiilor energetice şi a cutiei.

O astfel de construcție o au cele două secțiuni ale locomotivei diesel-electrice CFR 2-4_O-1+1-4_O-2 de 4400 CP, locomotivele cu mecanism cu biele, de exemplu locomotivele diesel CFR LD de manevră, locomotivele LDI de cale îngustă şi automotoarele pe două osii.

Şasiurile rigide pot fi exterioare sau interioare.

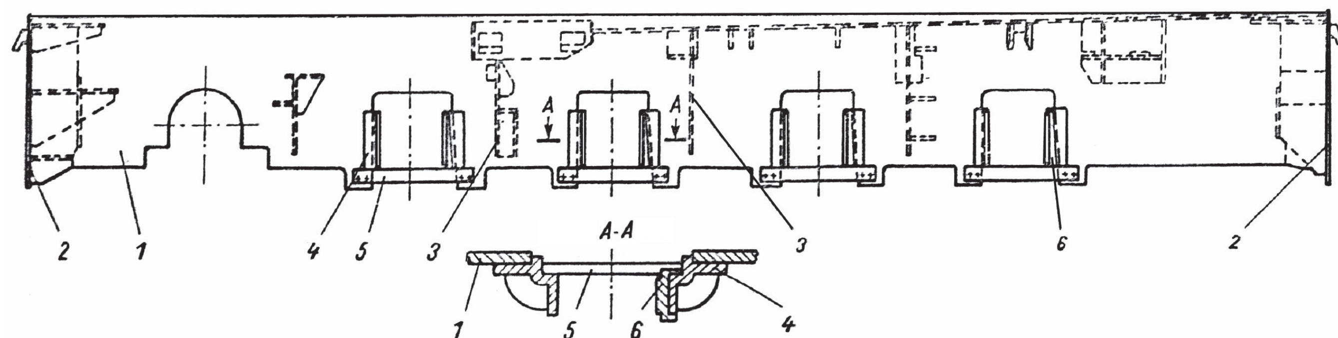
În cazul şasiurilor exterioare, roțile motoare se află între lonjeroane. Şasiurile exterioare se folosesc în cazul locomotivelor cu transmisie electrică individuală, deoarece aşezarea motoarelor electrice necesită o distanță mai mare între lonjeroanele şasiului. În cazul şasiurilor interioare, roțile se află în exteriorul lonjeroanelor. Această dispoziție o găsim la unele locomotive diesel-hidraulice mai vechi. La o astfel de construcție a şasiului este avantajoasă utilizarea transmisiei în grup prin biele. La locomotivele diesel de cale îngustă se utilizează şasiuri exterioare. De aceea, pentru antrenarea prin biele, la capetele osiilor sunt presate manivelele.

Montarea cutiilor de osii în şasiu se face în ferestrele osiilor. Pentru a mări rezistența şi rigiditatea şasiurilor în secțiunile slăbite prin ferestrele osiilor, ele se consolidează prin plăcile de gardă 4 (figura 9.1). În partea de jos, pe cele două praguri ale ferestrelor din lonjeron se aplică legăturile de gardă 5, montate fără joc. Plăcile de gardă au două fălci între care se introduce cutia de osie.

La locomotivele cu transmisie individuală, aceste fălci sunt paralele, iar la locomotivele cu transmisie prin biele, una din fălci este puțin înclinată şi pe ea se aşează pana de reglare 6 pentru eliminarea jocului dintre cutia de osie şi cele două fălci ale plăcii de gardă.

La lonjeroanele din bare, pe planele interioare ale ferestrelor osiilor se montează adaosuri 4 de alunecare simple, în formă prismatică, pentru a le proteja contra uzurii. Când se uzează, aceste adaosuri se înlocuiesc.

2) Locomotivele la care şasiul principal pe care se află instalațiile energetice şi cutia se sprijină pe boghiuri motoare (aşa cum este la locomotiva diesel-



1 - longeron; 2 - traversă capăt; 3 - traverse intermediare; 4 - adaosuri de ghidare;
5 - placă (legătură) de gardă; 6 - pană de reglare

Fig. 9.1 - Şasiul locomotivei LDI de cale îngustă (120 CP)

electrică CFR 060-DA, la locomotivele diesel-hidraulice CFR 040-DHA, 040-DHB, 040-DHC etc.).

Construcția şasiurilor locomotivelor cu boghiuri motoare este condiționată de modul de transmitere a forței de tracțiune. În cazul când traversa frontală cu aparatele de tracțiune şi ciocnire se află pe şasiul principal, acesta este solicitat la întindere sau compresiune.

Şasiurile locomotivelor diesel moderne se fac rigide şi rezistente, pentru a înlătura influența deformațiilor lor asupra arborelui cotit al motorului şi coaxialității agregatelor legate cu acesta. Pentru o mai mare siguranță, în cele mai multe cazuri motorul se aşează pe un cadru rigid special, care se fixează pe şasiul principal cu ajutorul unor buloane cu arcuri, cu rol de amortizare. La locomotiva diesel-electrică CFR 060-DA, fixarea cadrului motorului diesel pe şasiul principal se face cu metacoane confecționate din cauciuc rezistent.

Şasiurile separate se confecționează din profile U sau I, nituite sau sudate.

Şasiul principal al locomotivei diesel electrice CFR 060-DA (figura 9.2) este format din două lonjeroane 1, din profil I special.

Lonjeroanele sunt legate prin traversele pivot 2, traversele frontale 3, pe care se montează aparatele de tracțiune şi ciocnire, şi traversele intermediare 4.

Traversele frontale sunt confecționate din tablă de OL 38 groasă de 20mm, iar traversele intermediare din profil I cu inima de 10m şi tălpile de 12mm grosime. În exteriorul lonjeroanelor se sudează consolele 5, pe care este prinsă îmbrăcămintea de poală a cutiei.

Pe podeaua şasiului principal, în sala maşinilor, se află sudate suporturi pentru grupul motor-compresor, blocul aparatelor electrice, pompa de ulei etc.

După modul de preluare a sarcinii, locomotivele diesel cu boghiuri motoare se împart după cum urmează:

– locomotive cu şasiu portant, la care sarcina principală este preluată de către un şasiu independent, separat de cutie;

– locomotive cu şasiu şi pereți laterali portanți. În acest caz, pereții laterali sunt legați rigid cu şasiul şi sunt capabili să preia o parte considerabilă a sarcinii verticale;

– locomotive cu cutie autoportantă, la care şasiul, pereții laterali şi acoperişul lucrează ca un întreg, asemenea unei grinzi tubulare.

9.3. Cutia locomotivelor

Pentru realizarea locomotivei de lungime minimă trebuie ca gabaritul să fie utilizat cât mai complet.

Un principiu de care se ține seama la alegerea soluțiilor constructive ale locomotivelor (amintit mai înainte) este rezistența mică a aerului în timpul mersului, care se realizează prin forme aerodinamice ale capetelor cutiei

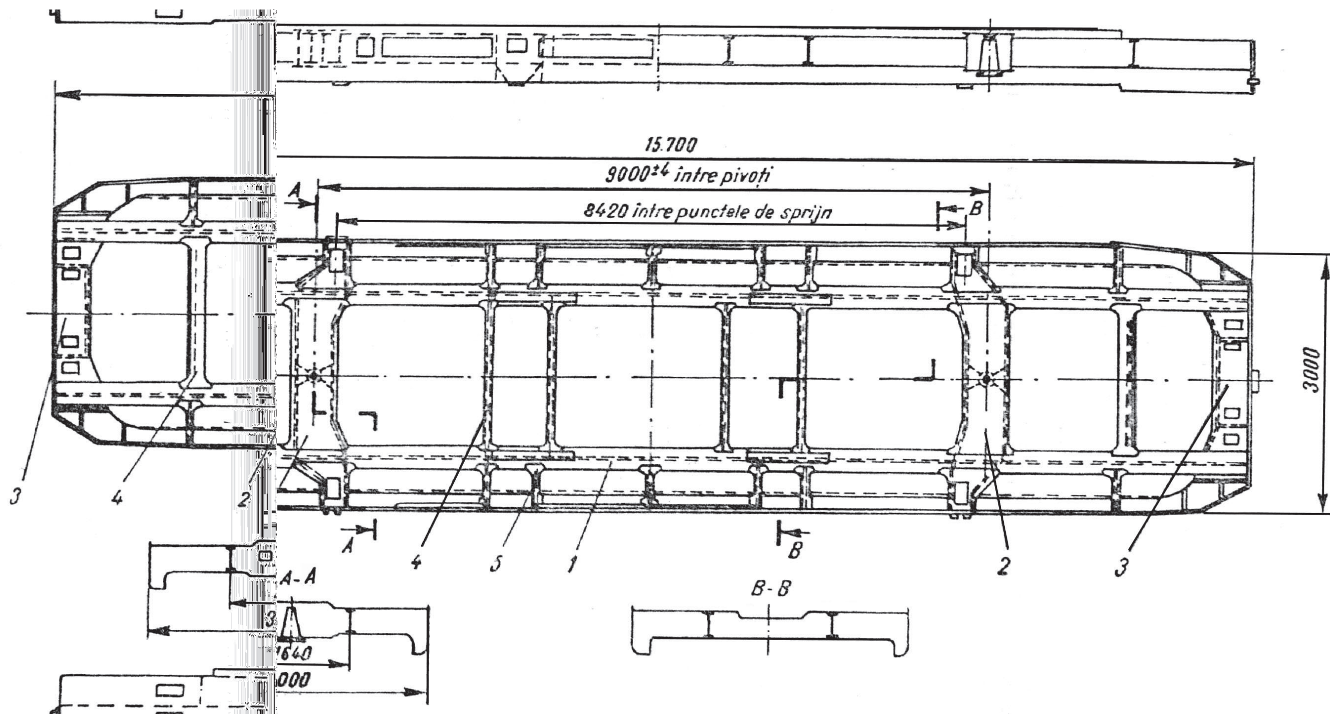

15.700
9000±4 între pivoți
8420 între punctele de sprijin
A
B
3000
3
4
2
4
5
1
2
3
A
B
A- A
B- B
1640

Fig. 9.2

locomotivei cu viteză maximă mai mare de 100km/h şi prin pereţi exteriori netezi, fără piese care ies în afară şi colţuri care produc vârtejuri.

Forma exterioară a cutiei depinde de aranjamentul instalaţiilor în interiorul ei. Când posturile de conducere sunt la ambele capete, iar instalaţiile de forţă şi auxiliare se găsesc între cabine, atunci cutia locomotivei are o formă simplă ca la locomotiva diesel electrică CFR 060-DA (figura 9.3). La locomotivele de putere mică, instalaţiile de forţă şi cele auxiliare se dispun la capetele cutiei în capote. Postul de conducere, dispus la mijlocul sau la unul din capetele locomotivei, se construieşte mai înalt decât restul cutiei, pentru a uşura vizibilitatea mecanicului la mersul înainte şi înapoi.

Construcţiile de acest fel se întâlnesc la cutiile locomotivelor industriale LDI de cale îngustă, CFR LD de manevră, CFR 040-DH etc.

La locomotivele cu şasiu portant, cutia se compune din scheletul metalic şi îmbrăcămintea exterioară. Scheletul metalic se confecţionează din bare verticale legate printr-un brâu orizontal şi fixate de şasiu prin buloane sau prin sudare. Scheletul metalic al acoperişului se confecţionează din traverse curbate, cu distanţa între ele de 600…800mm. Îmbrăcămintea exterioară se realizează din tablă cu grosimea de 2…4mm pentru pereţi şi 2…3mm pentru acoperiş.

Cutia autopurtătoare se compune din scheletul metalic şi îmbrăcămintea exterioară şi se construieşte asemenea unei grinzi tubulare.

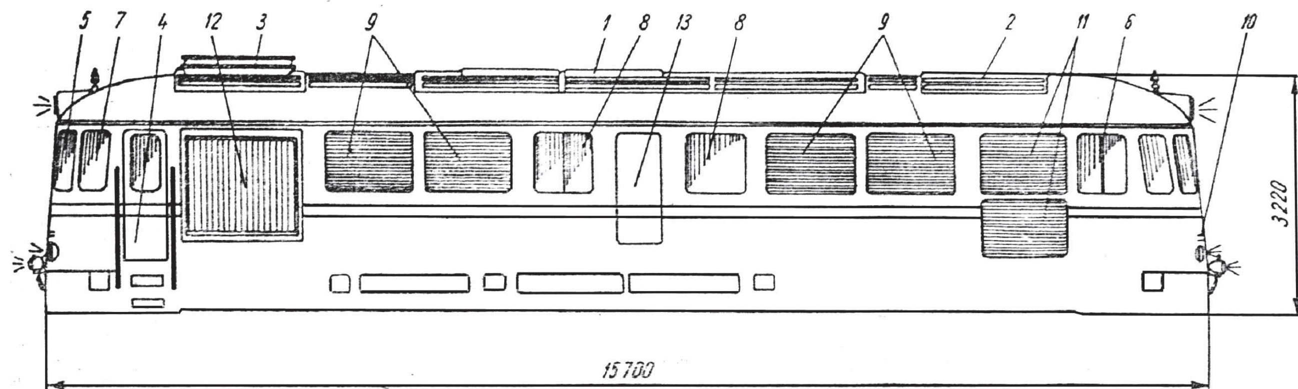
Scheletul metalic se confecţionează din elemente longitudinale uşoare şi elemente transversale în formă inelară, compuse din grinzile transversale ale şasiului, barele verticale ale pereţilor laterali şi traversele curbate ale acoperişului.

Elementele longitudinale împreună cu îmbrăcămintea exterioară preiau forţele longitudinale, iar elementele transversale, care formează un cadru rigid închis, menţin forma cutiei. Distanţele dintre elementele longitudinale şi dintre cele transversale ale scheletului metalic determină suprafaţa liberă, de dimensiunile căreia depinde stabilitatea îmbrăcămintei exterioare (tabla învelişului).

Pentru introducerea sau scoaterea instalaţiilor, acoperişul sau pereţii laterali sunt prevăzuţi cu panouri demontabile. Pătrunderea apei prin îmbinările demontabile este împiedecată de garniturile de etanşare. Spre exemplificare, în acoperişul cutiei locomotivei diesel-electrice CFR 060-DA sunt efectuate trei deschideri prevăzute cu capace (figura 9.3):

- un capac 1 la mijlocul acoperişului, pe o lungime de 5900mm, necesar introducerii sau scoaterii grupului motor diesel-generator, iar în el două capace de 1.400mm lungime, pentru acces la cilindrii motorului diesel;
- un capac 2 având o lungime de 1590mm, prin care se introduce blocul aparatelor electrice, motocompresorul şi rezervorul principal de aer;
- un capac 3 cu lungimea de 1670mm, prin care se introduc radiatoarele şi motopompele.

La construcţia cutiilor locomotivelor, o importanţă deosebită o are izolaţia



1, 2, 3 - capace; 4 - uşă acces mecanic; 5, 6, 7, 8 - geamuri cabină comandă şi în lungul cutiei; 9, 10, 11, 12 - jaluzele; 13 - uşă acces sala maşinilor (revizie)

Fig. 9.3

termică şi acustică (insonorizarea). În acest scop se recomandă căptuşirea lor cu o compoziţie de amortizare a zgomotelor şi izolarea termică.

Pentru amortizarea zgomotelor se foloseşte bitum amestecat cu azbest.

La locomotivele CFR 060-DA, absorbirea sunetelor propagate prin aer şi amortizarea sunetelor propagate prin substanţe solide se realizează folosind straturi din fibre minerale (vată de sticlă şi o pastă antifon). Vata de sticlă constituie şi un izolant termic. Se aplică în straturi de 50mm grosime pe pereţii despărţitori şi pe tavanul posturilor de conducere.

Antifonul este o pastă compactă şi se aplică pe pereţii şi acoperişul sălii maşinilor în straturi de 5mm grosime, care prin uscare devine rezistent la solicitările mecanice.

Compartimentarea cutiilor se face în funcţie de modul de dispunere a agregatelor. În general, cutiile se fac din trei sau mai multe compartimente. Spre exemplu, cutia locomotivei diesel-electrice 060-DA este împărţită în trei compartimente distincte. La capete se găsesc posturile de conducere iar între ele sala maşinilor.

Posturile de conducere (figura 9.4) sunt identice şi separate de sala maşinilor prin pereţi transversali, confecţionaţi din tablă de 2mm grosime şi sudaţi de jur împrejur de pereţii laterali şi acoperiş. Comunicarea cu sala maşinilor se face printr-o uşă fixată în peretele despărţitor.

Pe peretele frontal se găseşte câte o jaluzea 10 (vezi figura 9.3), care serveşte pentru aspirarea aerului de către motoventilatoarele care se găsesc în interiorul postului de conducere, destinate pentru încălzirea şi ventilarea acestor posturi.

Sala maşinilor are pereţii laterali prevăzuţi cu ferestre şi jaluzele. Prin jaluzelele 9 circulă aerul necesar aerisirii sălii maşinilor, prin 11 - cel necesar ventilaţiei blocului aparatelor electrice, iar prin jaluzelele reglabile 12 – aerul necesar răcirii grupului radiatoarelor.

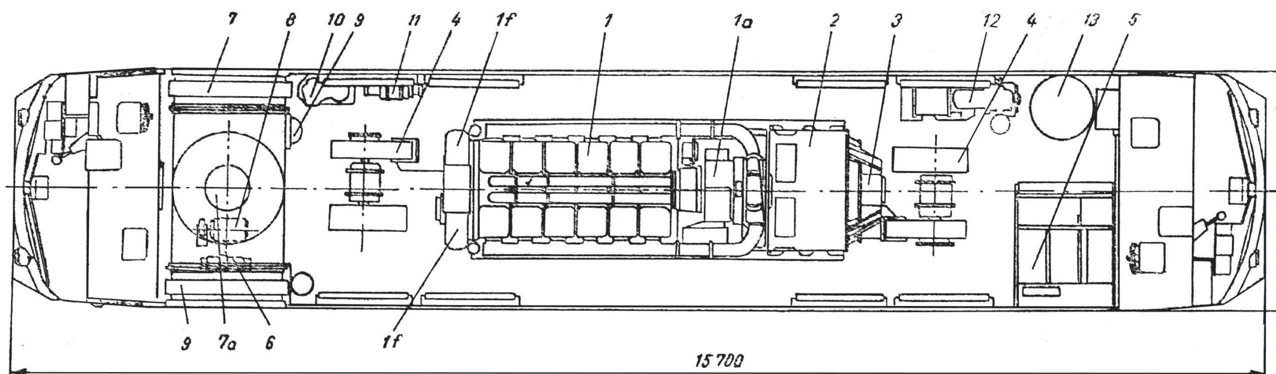
Pentru a putea introduce şi scoate aparatele de mărime mică şi mijlocie, în fiecare perete lateral, la mijlocul cutiei, se găseşte câte o uşă de revizie 13.

La proiectarea locomotivelor trebuie să se determine cât mai exact greutatea fiecărui agregat, iar aşezarea fiecăruia se face în aşa fel încât să se obţină repartizarea uniformă a sarcinii statice, pe osii. În cazul locomotivelor cu şasiu rigid trebuie să se realizeze:

– echilibrarea în raport cu axa longitudinală a locomotivei, pentru a se realiza încărcarea egală a ambelor fusuri ale aceleiaşi osii montate. În acest fel, locomotivele nu se mai înclină într-o parte sau alta;

– punctul de aplicare al rezultantei sarcinilor date de greutăţile cutiei, şasiului şi utilajului trebuie să se găsească pe axa longitudinală, în locul care determină repartizarea uniformă a sarcinilor pe osiile montate.

În figura 9.4 se vede modul de amplasare al utilajului la locomotiva diesel-electrică CFR 060-DA. În partea superioară a sălii maşinilor se găsesc rezervoarele de aer, de combustibil şi de apă.



1 - motorul diesel 12LDA-28; 1a - turbosuflantă; 1f - filtru de ulei; 2 - generatorul principal; 3 - generatorul auxiliar; 4 - grup motor-ventilator; 5 - blocul aparatelor electrice; 6 - convertizor; 7 - radiatorul apei de răcire; 7a - ventilatorul radiatorului; 8 - pompă apă de răcire; 9 - radiatorul de ulei; 10 - agregat de încălzire apă de răcire şi ulei; 11 - pompa auxiliară de ulei; 12 - compresor aer pentru frână; 13 - rezervorul principal de aer

Fig. 9.4

9.4. Construcția şasiului vagoanelor

9.4.1. Construcția şasiului vagoanelor de marfă

Vagoanele de marfă sunt construite fie pe principiul şasiului purtător (şasiul fiind un element distinct în cadrul vagonului), fie cu şasiu şi pereți laterali purtători.

În tabelul 9.1 sunt date părțile componente ale unui şasiu de vagon cu denumirea lor conform STAS 4084-78. Pozițiile elementelor componente şi denumirea acestora pentru şasiurile de vagon din figurile 9.5, 9.6, 9.7, 9.9 şi 9.11 corespund cu cele din Tabelul 9.1.

Tabelul 9.1

Poziția din figură	Denumirea piesei componente a șasiului de vagon
1	Longeron lateral
2	Longeron intermediar
3	Longeron central
4	Longeron intermediar scurt
5	Longeron pentru aparatul de tracțiune
6	Traversă frontală
7	Traversă frontală mică
8	Traversă frontală falsă
9	Traversă intermediară
10	Traversa crapodinei
11	Traversă intermediară scurtă
12	Diagonală
13	Consolă
14	Consolă frontală
15	Guseu
16	Nervură
17	Întăritură pentru longeron
18	Nervură-cornier
19	Crapodină superioară
20	Balama pentru trapă
21	Placă de consolidare
22	Prelungitor pentru longeron

Tabelul 9.1 (continuare)

Poziția din figură	Denumirea piesei componente a șasiului de vagon
23	Întăritură
24	Montant
25	Tablă grătar
26	Suportul balamalei traversei
27	Suportul capului de arc
28	Placă de gardă
29	Reazem pentru clapă
30	Longeron scurt pentru cuplă automată
31	Longeron scurt
32	Dispozitiv de încordare

După tipul vagoanelor de marfă, se deosebesc următoarele categorii principale de şasiuri şi anume:

a) **Şasiul vagoanelor de marfă cu două osii.**

Şasiul vagoanelor de marfă cu două osii (figura 9.5) este compus din lonjeroanele laterale 1, traversele frontale 6, traversele intermediare 9, diagonalele 12, guseurile 15, piesele de asamblare 17 şi lonjeroanele intermediare 2. Aceste elemente ale şasiului se asamblează prin sudură.

La vagoanele cu două osii, cu ampatamente de 6-8 m, secțiunea lonjeronului nefiind întotdeauna suficient de mare pentru preluarea sarcinilor ce acționează asupra lui, şasiul se consolidează prin armare simplă sau dublă.

Cele mai solicitate elemente ale şasiului sunt lonjeroanele laterale, sau cele centrale (corespunzător tipului de construcție).

În plan vertical ele sunt solicitate la încovoiere, şocuri şi compresiune. Solicitările la şocuri şi compresiune sunt preluate parțial şi de traversele frontale.

Şasiul are o rigiditate corespunzătoare numai dacă la aplicarea la fiecare tampon a unui efort static de 100 tf (1000 kN) acestea nu se deformează.

b) **Şasiul vagoanelor de marfă cu boghiuri.**

Şasiurile vagoanelor de marfă acoperite cu patru osii de 60tf, construite începând din 1963 la Întreprinderea de Vagoane din Arad, sunt prevăzute cu lonjeroane centrale, executate din profile şi table din oțel, asamblate prin sudură.

Vagonul de marfă acoperit cu patru osii are carcasa cutiei, purtătoare, formând cu şasiul o construcție tubulară. Şasiul acestor vagoane este executat din oțel special 17M13 (figura 9.6).

Lonjeronul central 3 al şasiului permite să se monteze cupla automată şi este

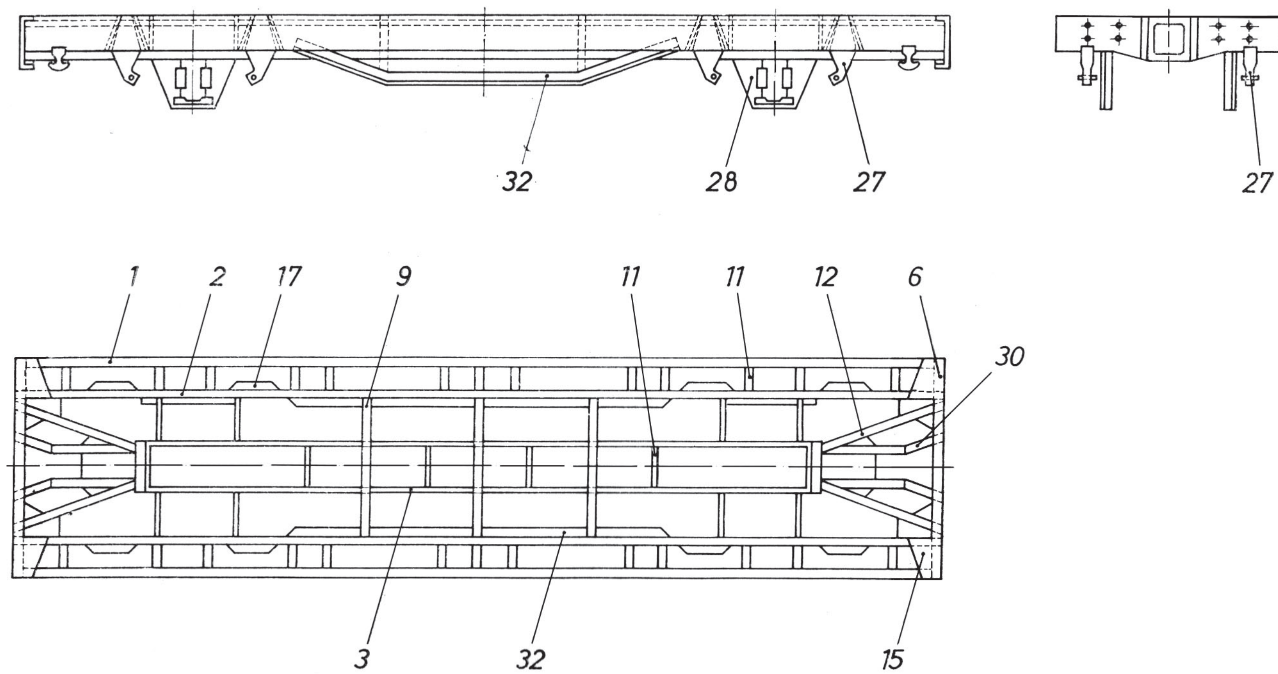


Fig. 9.5

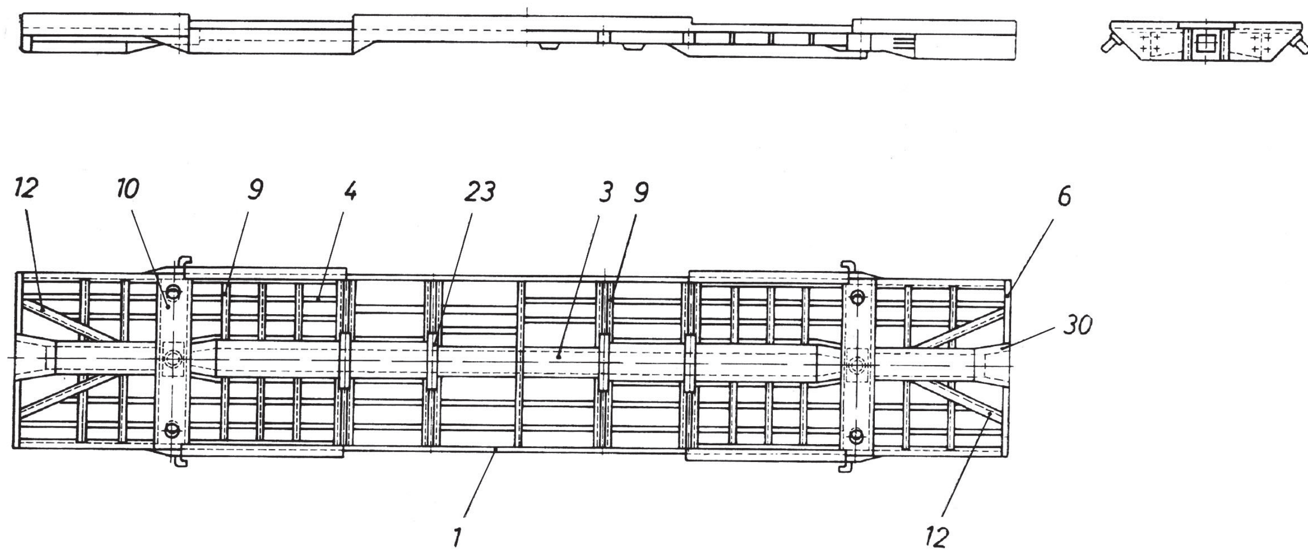


Fig. 9.6

executat din profile U30. Pe porțiunea dintre traversele crapodinelor 10, lonjeroanele centrale sunt rigidizate cu platbande. Spre capetele şasiului, lonjeronul este executat fără întărituri deoarece eforturile de încovoiere sunt mai mici în aceste porțiuni.

Traversele crapodinei sunt formate din două inimi. De aceste inimi sunt sudate plăcile inferioare şi superioare de întărire.

Traversele frontale 6 sunt executate din trei plăci sudate, cu o grosime de 12 mm, ce formează la capetele şasiului un profil puternic. Acest profil are forma de gât de lebădă (îngustându-se spre capete), de care se fixează lonjeroanele laterale 1.

La partea inferioară, în dreptul tampoanelor, traversele frontale sunt consolidate cu lonjeroanele intermediare 3 şi cu diagonalele 12.

Traversele intermediare 9 sunt executate la fel ca traversele crapodinei.

Pentru păstrarea continuității traverselor intermediare, longeronul central se întrerupe între traverse şi se sudează de acestea.

Un şasiu realizat corespunzător rezistă la proba de tracțiune de 150tf (1.500 kN) şi la proba de tamponare de 200tf (2.000 kN).

Vagonul de marfă descoperit cu patru osii, de 60 tf, *tip gondolă* (figura 9.7) are şasiul de construcție specială, deoarece s-a avut în vedere faptul că aceste vagoane sunt folosite pentru transportul mărfurilor cu densitate mare.

Cadrul şi lonjeronul central 3 sunt executate din profile şi table de oțel special 17M13, asamblate prin sudură. Pereții cutiei vagonului-gondolă sunt executați din tablă de oțel 17M13, cu grosimea de 3mm, şi formează cu şasiul o construcție portantă. La mijlocul vagonului şi între traversele crapodinelor 10 longeronul central este întărit cu plăci de rezistență.

Traversele frontale 6 sunt executate din OL37, profil U, sau din oțel special 17M13, prin ambutisare, formând cu capetele şasiului o construcție puternică.

În dreptul tampoanelor, traversele frontale sunt consolidate cu traverse diagonale 12 şi cu nervuri de întărire. Eforturile date de sarcinile concentrate în cele mai defavorabile condiții ale vagonului sunt preluate de traversele intermediare 9.

Sarcina verticală principală este preluată de elementele longitudinale ale şasiului şi transmisă traversei principale, care este situată deasupra crapodinei şi paralelă cu traversa frontală.

c) **Şasiul vagoanelor de marfă speciale**

În ultimul timp s-au construit în țara noastră anumite tipuri de vagoane de marfă speciale cu două osii. Cele mai reprezentative tipuri sunt vagoanele refrigerente şi cele de transport ciment în vrac.

Şasiul vagonului refrigerent este asemănător cu cel al vagonului de marfă cu două osii. El este construit din două lonjeroane laterale puternice, două traverse frontale, două lonjeroane intermediare, diagonale, plăci de întărire, gusee etc.

Profilul celor două recipiente, în care se transportă cimentul, impune pentru

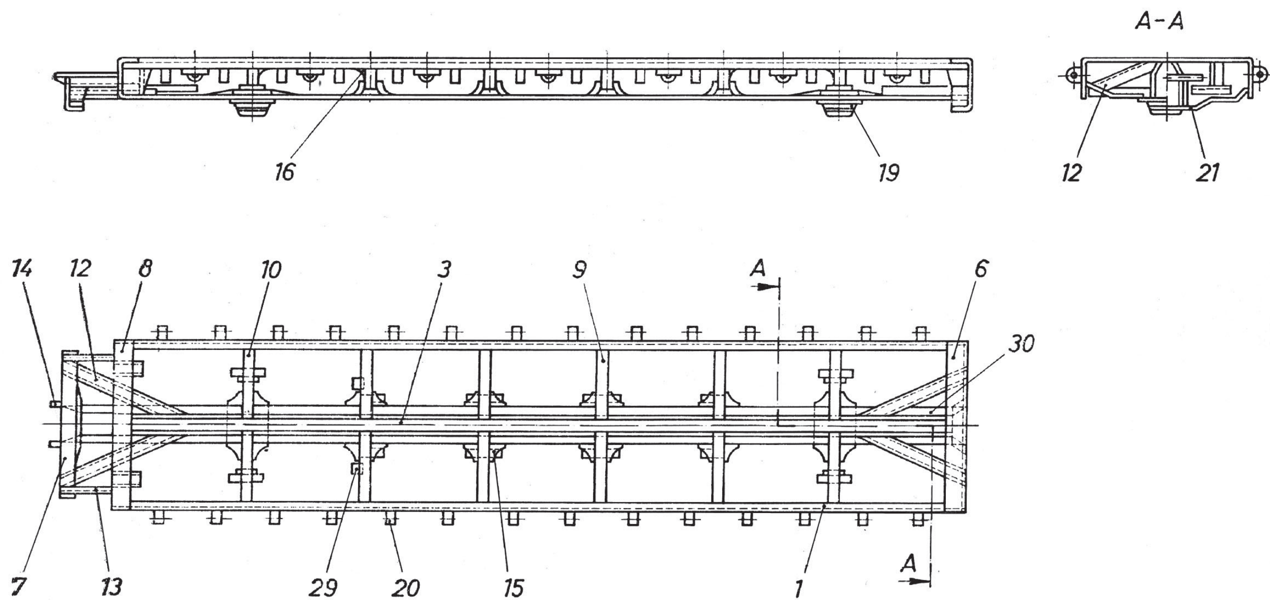


Fig. 9.7

şasiul vagonului cu două osii pentru transportat ciment în vrac o construcție specială (figura 9.8). Astfel, cu excepția lonjeroanelor laterale 1 şi a traverselor frontale 2, care sunt asemănătoare din punct de vedere constructiv cu cele de la şasiurile vagoanelor cu două osii, traversele intermediare 3, lonjeronul central 4 şi diagonalele 5 diferă din punctul de vedere al numărului şi lungimii lor. Construcția şasiului permite introducerea cuplei automate şi rezistă la sarcini de tamponare de 100tf (1000 kN). Vagoanele de marfă speciale, destinate transportului pieselor grele, agabaritice, cu patru sau mai multe osii sunt dotate cu şasiuri speciale cu platformă scufundată şi diferite instalații. Cu aceste vagoane pot fi transportate piese şi agregate necesare punerii în funcțiune a obiectivelor industriale de interes național.

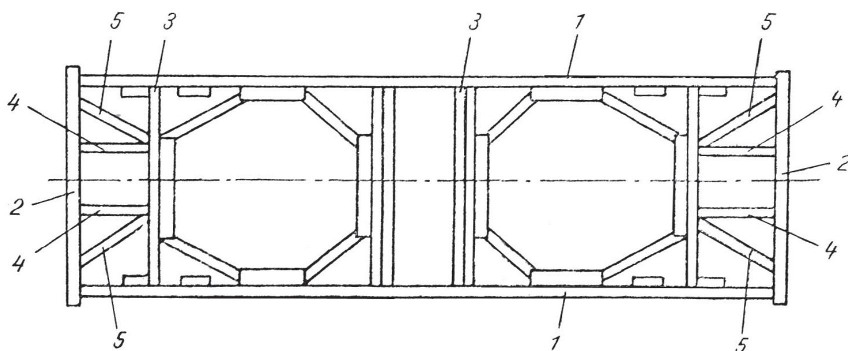


Fig. 9.8

De exemplu, pentru transportul transformatoarelor cu greutate mai mică de 140tf se folosesc vagoanele cu 10 osii cu platformă joasă.

În prezent este studiată posibilitatea construirii unor tipuri de vagoane a căror capacitate de încărcare de circa 450tf.

9.4.2. Construcția şasiului vagoanelor de călători

Ca şi la vagoanele de marfă, şasiurile vagoanelor de călători sunt construite după numărul de osii ale vagonului. Majoritatea vagoanelor de călători sunt construite cu şasiu şi pereți purtători, pentru construcțiile mai vechi şi cu cutie autoportantă la construcțiile noi.

a) **Şasiul vagoanelor de călători cu două osii**

Şasiul vagoanelor de călători cu două osii (figura 9.9) are o ramă formată din două lonjeroane puternice 1, care au capetele unite prin traversele frontale 6 şi sunt consolidate cu traversele intermediare 9. Traversele intermediare sunt montate la o distanță de maximum 2m una de alta, de ele sunt fixate timoneria şi aparatajul de frână, instalațiile de încălzire şi de iluminat.

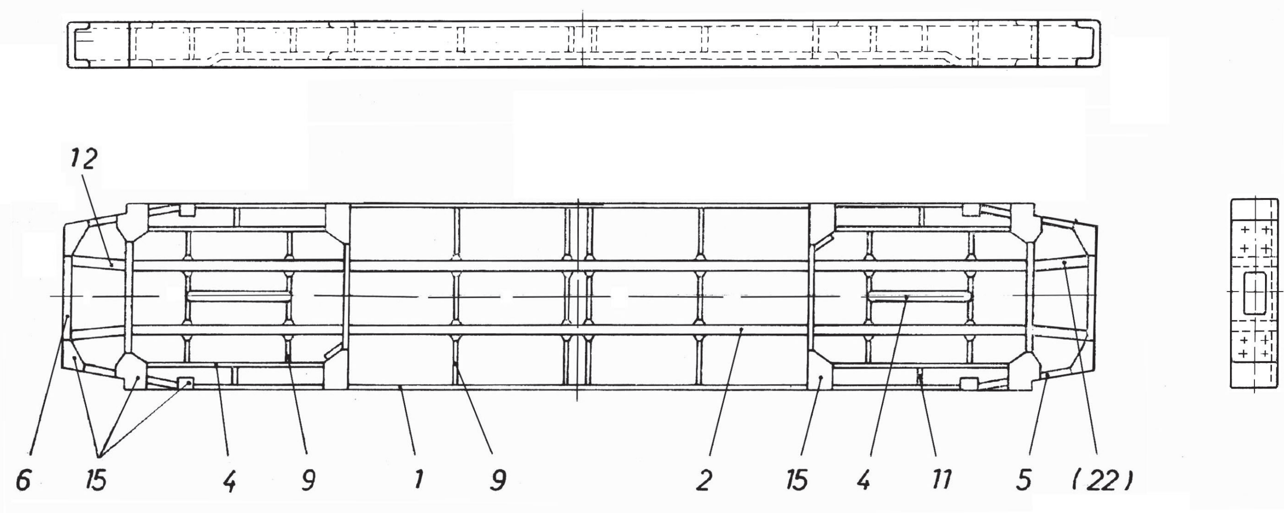


Fig. 9.9

Longeroanele intermediare 2 transmit mai departe eforturile de la aparatul de tracţiune, iar eforturile provenite din tamponarea vagoanelor sunt preluate şi transmise mai departe la diagonalele 12. Sistemul acesta de grinzi este solidarizat prin guseele 15, colţarele duble şi colţarele de tampon.

La vagoanele de călători pereţii laterali ai cutiei se sprijină pe grinzile 1 care sunt executate din corniere şi fixate de longeroane prin console. Uneori rama de sub podea este solidarizată şi printr-o grindă. Caracteristica acestui şasiu o constituie faptul că greutatea vagonului este transmisă direct de la lonjeroane la osii (prin intermediul arcurilor de suspensie).

La vagoanele de călători, unde încărcătura este distribuită aproape uniform, este utilizată frecvent armarea dublă a şasiului. Armarea constă din prinderea articulată la capete a unor bare rotunde, prin lagăre cu bulon, ce poartă şi denumirea de *papuc final de consolidare*. În zona unde se îmbină barele orizontale şi oblice este montată o piuliţă care serveşte la reglarea barei.

Armarea dublă poate fi cu montanţi reglabili sau cu bara de consolidare reglabilă (figura 9.10)

De obicei, barele verticale de montare 2 se execută din oţel turnat şi se nituiesc la partea inferioară de lonjeronul 1. Bara de consolidare 3 se prinde la un capăt în papucul 4 care îi permite să execute anumite mişcări oscilatorii, prin articulaţia 5. La celălalt capăt, lungimea barei de consolidare se poate mări sau micşora cu ajutorul manşonului cu filet 6.

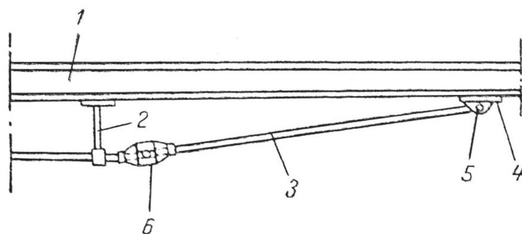


Fig. 9.10

Consolidările şasiului trebuie să fie dimensionate corect, deoarece ele preiau o parte din sarcina uniform distribuită.

b) **Şasiul vagoanelor de călători cu patru osii (cu boghiuri)**

Şasiurile vagoanelor de călători cu boghiuri (figura 9.11) sunt mai robuste, deoarece preiau solicitarea principală verticală aproape în întregime. Ele sunt formate din longeroanele laterale 1, traversele frontale 6, un număr destul de mare de traverse intermediare 9, lonjeroanele intermediare 2 şi traversele crapodinelor 10.

La vagoanele de călători cu boghiuri, construite după anul 1960, s-a adoptat o variantă de şasiu care să permită introducerea cuplei automate, fără modificări constructive.

La vagoanele de călători compartimentate, şasiul este format din două lonjeroane centrale, rigidizate prin transversale frontale de la capete şi traversele

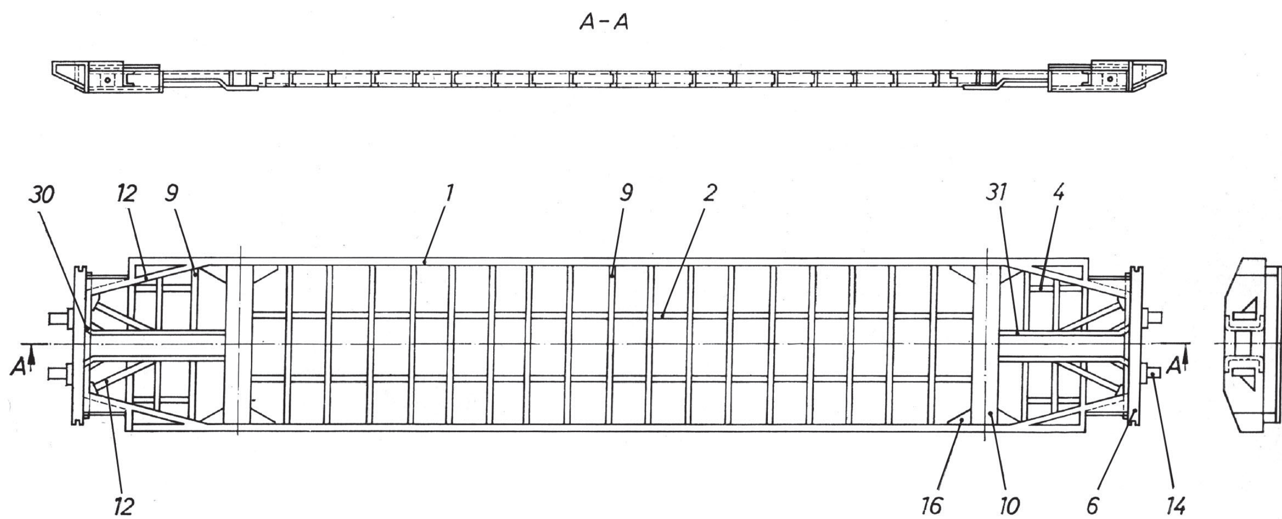


Fig. 9.11

crapodinei. Se completează cu longeroane laterale, traverse intermediare pentru sprijinirea cutiei vagonului şi cu alte elemente de asamblare şi consolidare.

Longeroanele centrale, laterale şi pentru montarea cuplei automate, sunt executate din oțel special 17M13.

Cadrul şasiului rezistă în condiții bune la probe de tamponare de 200tf (2000 kN). Cutia vagonului, sudată de şasiu, formează cu acesta o construcție portantă, toate eforturile fiind astfel preluate şi de cutie şi de şasiu.

9.5. Construcția cutiei vagoanelor

Pentru transportul mărfurilor şi al călătorilor, vagoanele au plasate pe şasiul lor cutii, a căror construcție diferă după natura mărfii transportate sau după destinația vagonului (marfă sau călători).

9.5.1. Construcția cutiei vagoanelor de marfă

După felul mărfii transportate, se deosebesc trei grupe mari de cutii care sunt folosite la vagoanele descoperite, acoperite şi la cisterne. În cadrul acestor importante grupe sunt diferite construcții dintre care vor fi descrise cele mai reprezentative.

a) **Cutia vagonului de marfă autodescărcător.**

Vagonul de tipul autodescărcător se descarcă prin gravitație, datorită greutății proprii a mărfurilor. Tipurile de vagoane autodescărcătoare sunt reglementate prin STAS 2888/9-80. Astfel sunt:

- vagoane acoperite pe patru osii tip dozator (figura 9.12);
- vagoane pe patru osii pentru transportat cereale (figura 9.13);
- vagoane acoperite pe patru osii pentru transportat produse chimice sub formă de pulbere (figura 9.14);
- vagoane autodescărcătoare pe patru osii cu acoperiş rabatabil (figura 9.15).

b) **Cutia vagonului de marfă acoperit**

Capacitatea de încărcare a acestor vagoane este de 26; 27,5; 51 şi 57 tf.

Vagoanele de marfă acoperite pot avea acoperişul învelit cu tablă de oțel (grosimea de 1,5-2mm), tablă zincată (grosimea de 0,75-0,80mm) sau tablă neagră cu grosimea de 0,50-0,65mm.

De şasiul acestui tip de vagon sunt fixați, prin sudură, stâlpii reuniți la partea superioară prin rama superioară (grindă longitudinală) pe care sunt montate un număr de 4-6 arce.

Cadrul acoperişului este format din grinzile longitudinale şi cele două arce frontale.

Scheletul cutiei se sudează din profile îndoite.

Podeaua, pereții laterali şi frontali se execută din scândură de brad. În general,

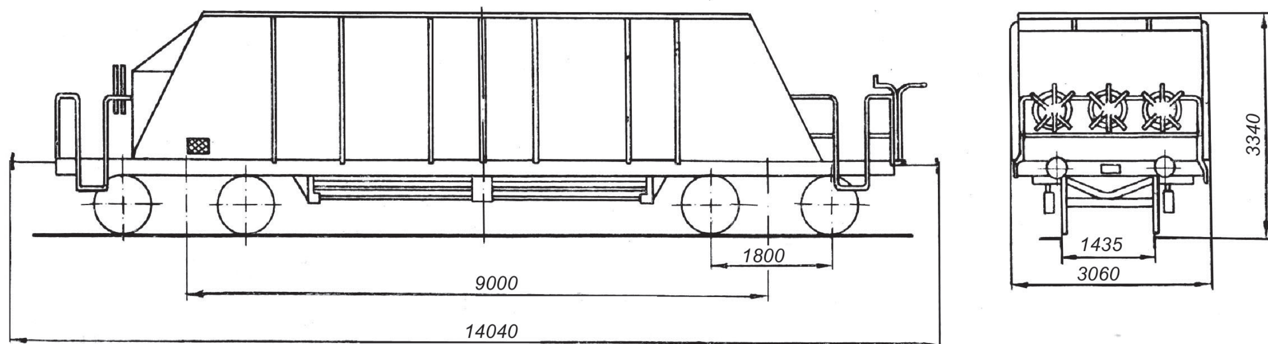


Fig. 9.12

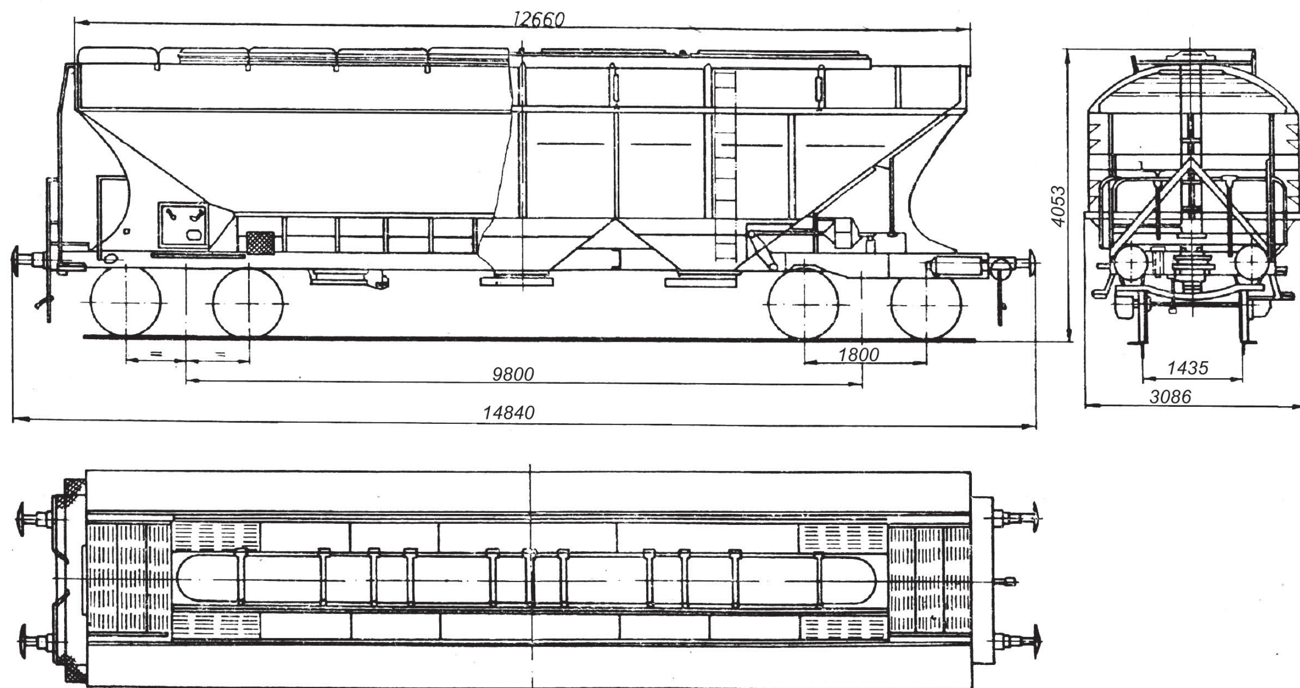


Fig. 9.13

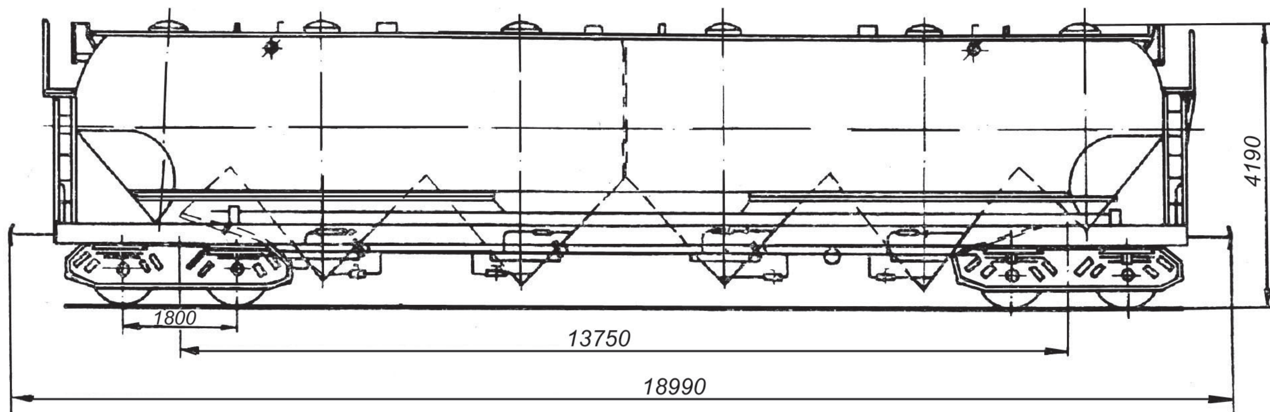


Fig. 9.14

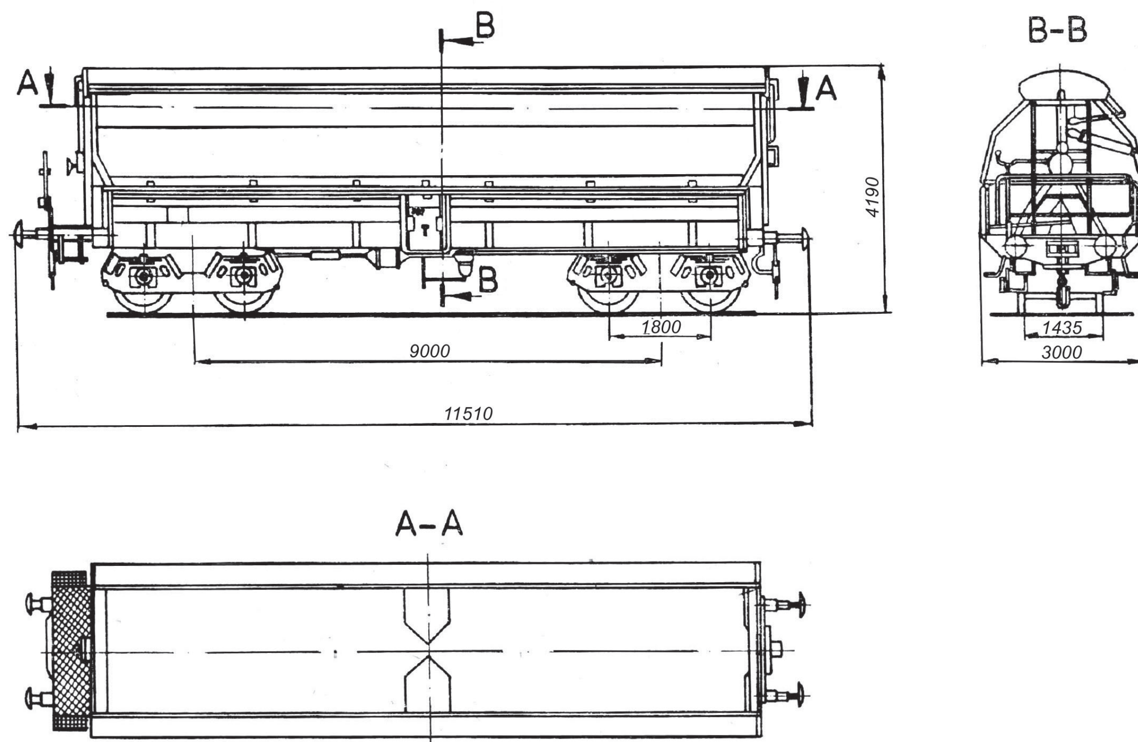


Fig. 9.15

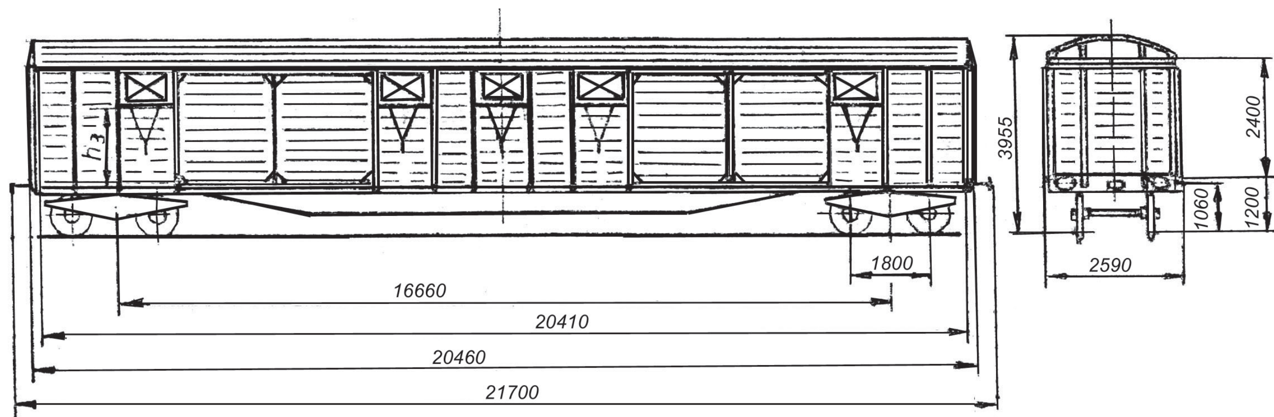


Fig. 9.16

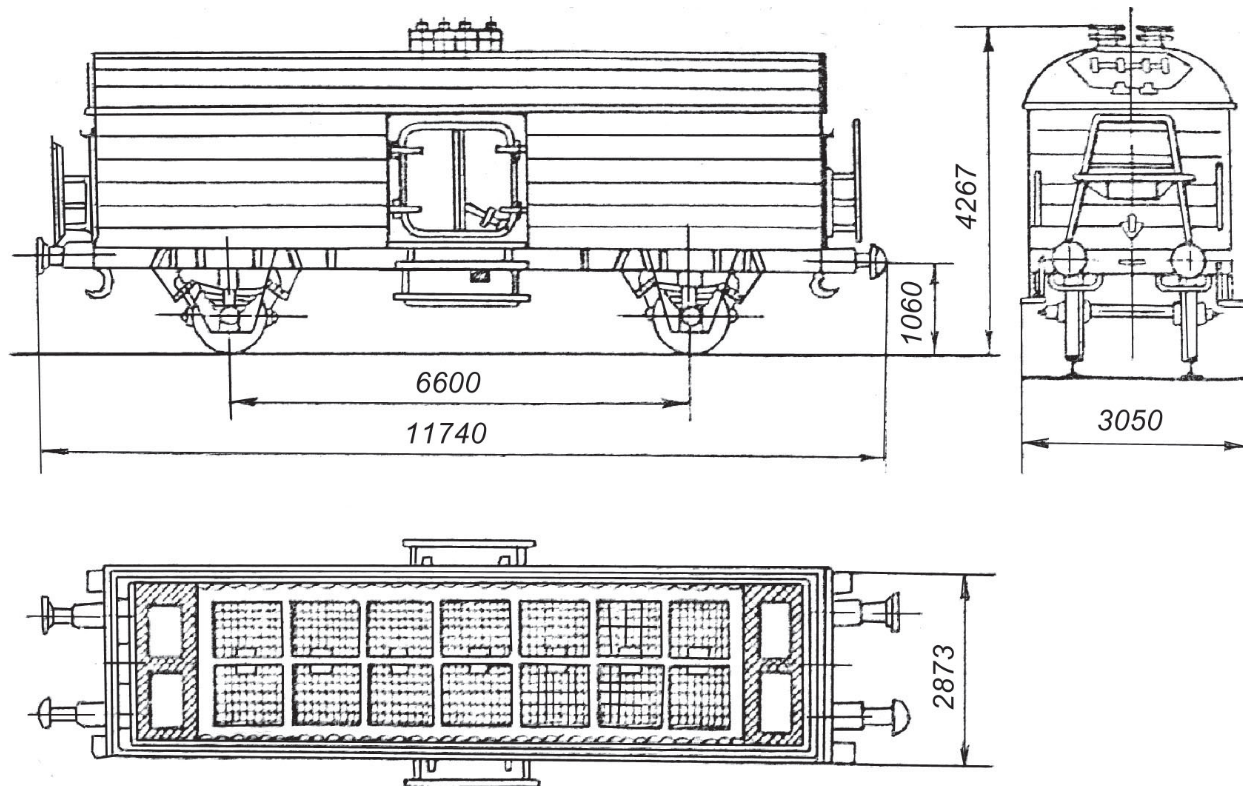


Fig. 9.17

prima şi a doua scândură de lângă pereți sunt executate din lemn de esență tare (stejar sau fag).

Acoperişul vagonului se execută din tablă de oțel cu grosimea de 1,5mm.

În scopul economisirii lemnului de brad cutia acestor vagoane se execută din tablă de oțel, cu grosimea de 3-4mm, sau din placaj special pentru vagoane (tegotex).

Vagoanele de marfă acoperite se execută în următoarele tipuri constructive:

- vagon acoperit pe patru osii, cu două uşi culisante, 8 deschideri de aerisire şi inele de ancorare pe fiecare parte;
- vagon acoperit pe patru osii cu două uşi şi frână de blocare (figura 9.16);
- vagon acoperit pe două osii cu două uşi;
- vagon de marfă cu acoperiş înfăşurabil;
- vagon acoperit cu pereți culisanți

c) **Cutia vagonului de marfă refrigerent**

Se construiesc vagoane refrigerente moderne cu două osii (figura 9.17) sau pe boghiuri, cu şasiu metalic, acoperit cu tablă de oțel (numită podea falsă), cu o grosime de 1,25mm. Cutia are scheletul metalic executat din profile U, sudate de lonjeroane.

Stâlpii scheletului sunt prevăzuți cu plăci mari de tablă. Pe podeaua falsă sunt montate, deasupra longeroanelor, traverse metalice, prin intermediul unor picioare de stejar.

Sursa de frig este constituită din gheață hidrică aşezată în două recipiente pentru gheață, cât unul la fiecare capăt al vagonului. Această instalație trebuie să existe chiar pe vagoanele care utilizează gheața carbonică.

Pentru evacuarea rapidă a apei rezultate din topirea gheții, vagoanele trebuie să fie echipate cu dispozitive manevrabile din exterior.

d) **Vagoane cisternă**

Cea mai importantă parte a acestor vagoane este cisterna (figura 9.18) alcătuită din partea cilindrică 1, formată din mai multe virole îmbinate prin sudură, terminată la capete, cu fundul bombat 2.

Lichidele se încarcă prin domul 3 care este montat pe coroana 4.

Cisterna se goleşte prin dispozitivul 5 şi robinetul de scurgere.

La vagoanele mai vechi sunt montați pereți despărțitori (contravaluri).

Cisterna este fixată pe şasiu prin intermediul suporților transversali 6, fiind executați din tablă ambutisată şi rigidizați printr-o legătură longitudinală (figura 9.19).

Variantele constructive ale vagoanelor cisternă sunt reglementate prin STAS 2888/10-80. Astfel se execută cinci tipuri constructive cu capacitatea de 35; 50; 60; 80 şi 90m^3.

O categorie cu soluție constructivă aparte o constituie vagoanele pentru

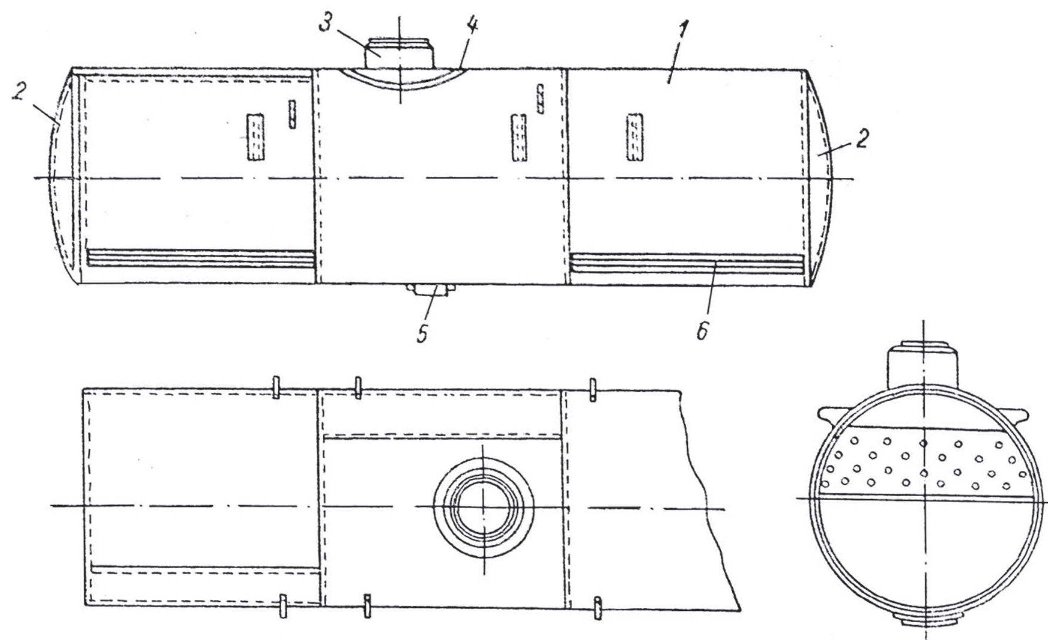


Fig. 9.18

Fig. 9.19

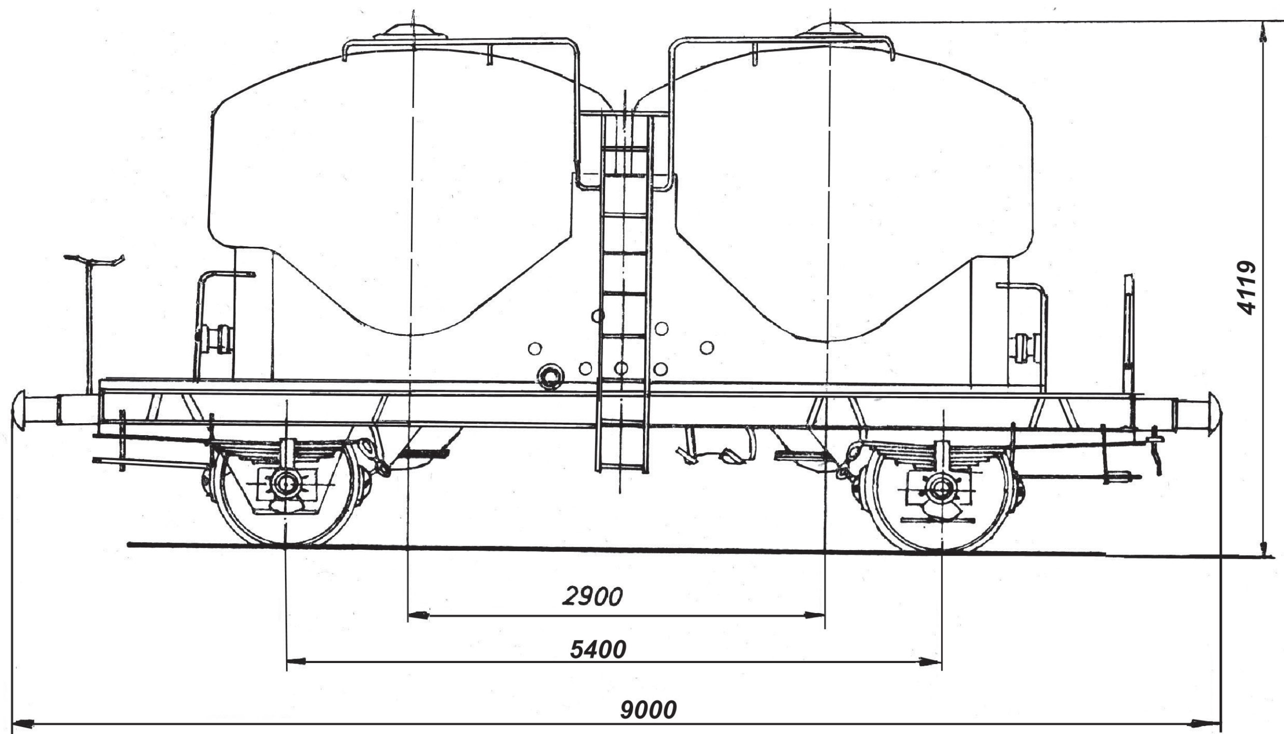


Fig. 9.20

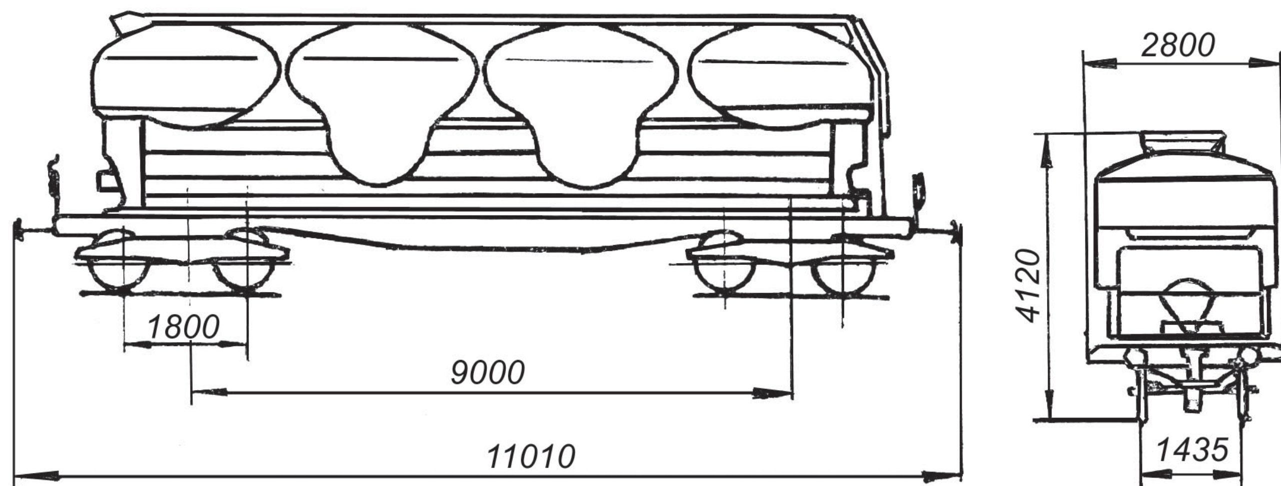


Fig. 9.21

transportul cimentului în vrac. Acestea au două sau patru rezervoare de tip recipiente cu suprafețe de revoluție, cu axa verticală configurată specific modului de comportarea a cimentului în vrac, atât la încărcare cât şi la descărcare (figura 9.20 şi 9.21).

Soluția se află între vagoanele de transportat produse chimice sub formă de pulbere şi vagoanele de tip cisternă. Şasiul este construit adaptat configurației rezervoarelor.

9.5.2. Construcția cutiei vagoanelor de călători

La vagoanele de construcție metalică din oțel, şasiul şi cutia formează un schelet unitar rigid.

Construcția cutiei (figura 9.22) este următoarea: fiecare perete lateral se consideră o grindă cu zăbrele ale cărei tălpi sunt fixate în partea de jos de longeronul şasiului 1, iar în partea de sus de grinda longitudinală 5.

Stâlpii pereților 6 şi tablele exterioare formează zăbrelele.

Pereții sunt uniți la partea superioară prin acoperiş, iar la partea inferioară prin traversele şasiului 8. Guseele 9 sunt folosite pentru consolidare. Pereții despărțitori sunt consolidați prin tablele montate în arcele acoperişului 7.

Pereții frontali fixați de acoperiş şi platformă sunt alcătuiți din traversa frontală 2, stâlpul de colț 3, stâlpul frontal 4 şi arcul frontal de acoperiş 10.

Cutiile metalice din oțel au dezavantajul că au greutate proprie mare.

S-au mai construit şi cutii tubulare executate din metale uşoare, realizându-se o legătură mai strânsă între pereți, şasiu şi acoperiş.

În figura 9.23 este prezentată o cutie de vagon de forma unei grinzi tubulare, constituită din trei ansambluri principale şi anume: şasiul, pereții frontali şi acoperişul, legate între ele rigid.

Grinda tubulară (cutia) este formată din îmbrăcămintea pereților laterali, a acoperişului şi a planşeului 1, fiind consolidată printr-o serie de inele transversale, montate între ferestre. Fiecare inel este format dintr-o traversă intermediară 2, din stâlpii de fereastră 5, care se sprijină pe lonjeronul inferior 4 şi pe cel superior 7, închizându-se cu arcada 8 a acoperişului. În zona brâului ferestrei este montat pieptarul de consolidare 6, care asigură cutiei o rezistență sporită. La ambele capete ale cutiei se montează două chesoane puternice, fiecare cheson fiind constituit din peretele frontal şi primul perete transversal interior. Pentru a se da vagonului o formă aerodinamică, pereții laterali se prelungesc în jos în formă de şorțuri 3, iar în sens longitudinal sub forma unei cabine care împiedică formarea curenților la viteze mari.

În concordanță cu utilitatea oferită vagonului de călători, interiorul se amenajează pe structura de rezistență a cutiei.

Aspectele legate de interiorul amenajat al cutiei vagoanelor de călători fac obiectul unor lucrări de specialitate multidisciplinare (design, acționări, instalații de climatizare, iluminat etc.).

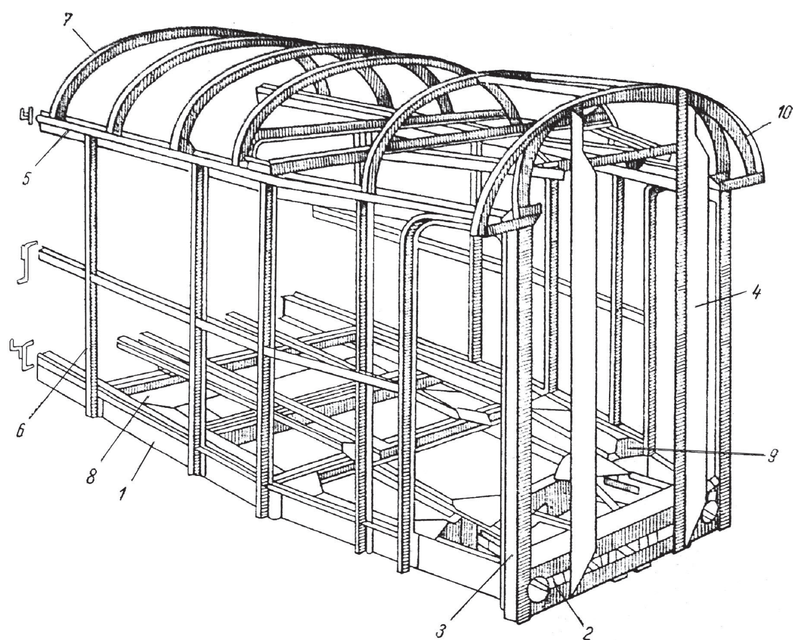


Fig. 9.22

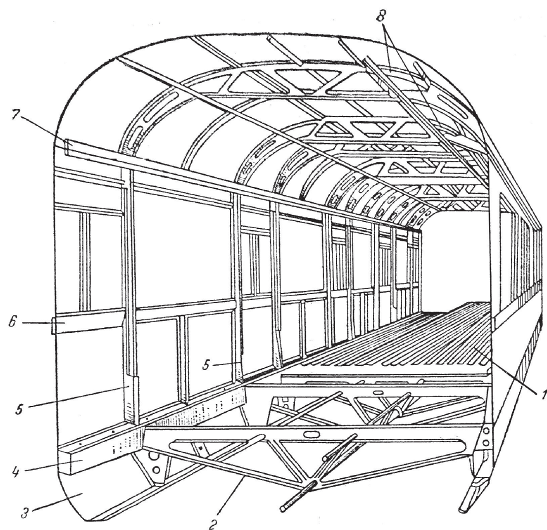


Fig. 9.23

BIBLIOGRAFIE

[1] David, I.: „Calculul şi construcția structurilor portale ale vehiculelor feroviare”, Ed. I.P. Timişoara, 1980

[2] Burada, C.; Buga, M.; Crăsneanu, Al.: „Elemente şi structuri portale ale vehiculelor de cale ferată”, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1980

[3] Țighiliu, M.; Popovici, E.; Mihăilescu, N.: „Locomotive diesel. Construcția, calculul şi reparația”, M.T.Tc, Bucureşti, 1972

[4] Zăgănescu, I.: „Locomotive şi automotoare cu motoare termice”, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1972

[5] Burada, C.; Ionescu, G.: „Roți, osii şi osii montate pentru vagoane”, M.T.Tc., Bucureşti, 1969

[6] Ionescu, Gh.: „Vagoane de cale feraă”, Vol. 1, „Centrul de documentare şi publicații tehnice M.T.Tc., Bucureşti, 1973

[7] Turbuş, G.: „Locomotive electrice”, Ed. M.T.Tc., Bucureşti, 1973

*** Colecția STAS-uri, grupa D.6. Vehicule de cale ferată şi accesorii de cale